

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE**

**Přírodovědecká fakulta**

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



# **MODELOVÁNÍ PODZEMNÍCH PROSTOR V GIS NA PŘÍKLADU LOKALITY LOMŮ AMERIKA**

**MODELLING OF SUBTERRANEAN FEATURES IN GIS:  
CASE STUDY OF AMERIKA QUARRIES**

Bakalářská práce

Tereza Kutišová

srpen 2014

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Jakub Lysák

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením školitele RNDr. Jakuba Lysáka a že jsem všechny použité prameny řádně citovala.

Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Svoluji k zapůjčení této práce pro studijní účely a souhlasím s tím, aby byla řádně vedena v evidenci vypůjčovatelů.

V Kalištích dne 18. srpna 2014

.....

Tereza Kutišová

## **Poděkování**

Na tomto místě bych velmi ráda poděkovala především vedoucímu bakalářské práce RNDr. Jakubovi Lysákovi za věnovaný čas, ochotu, trpělivost a cenné rady, které byly zásadní pro konečnou podobu práce. Dále bych ráda poděkovala panu Karlu Fousovi ze společnosti Lomy Mořina spol. s r.o. za poskytnutí části dat pro tvorbu práce, za laskavý přístup a možnost prohlídky štol. V neposlední řadě patří velké poděkování mé rodině a přátelům za podporu a pomoc během zpracovávání bakalářské práci i v průběhu celého studia.

## **Modelování podzemních prostor v GIS na příkladu lokality lomů Amerika**

### **Abstrakt**

Cílem této bakalářské práce je vytvoření a popis metodiky modelování podzemních prostor pomocí geoinformačních systémů. Modelování se týká lokality lomů Amerika v Českém krasu, kde se nachází štolový systém, který je pozůstatkem těžby vápence v dané oblasti. Hlavní náplní práce je tvorba 3D modelu podzemních štol. V rámci tvorby jsou shromážděna data o dané lokalitě, následně jsou data podrobně popsána a zhodnocena z hlediska vhodnosti pro tvorbu modelu. Model byl využit při tvorbě dalšího výstupu práce: tematické mapy lokality zachycující současně jak povrchovou, tak podpovrchovou situaci.

**Klíčová slova:** podzemní prostory, 3D GIS, modelování, lomy Amerika (Český kras)

## **Modelling of subterranean features in GIS: case study of Amerika quarries**

### **Abstract**

Goal of this bachelor thesis is to create description of modelling methodology of subterranean features by using geoinformation systems. Modeling concerns locations of quarries called Amerika in Český kras. There is system of mine drifts and adits, which is relict of limestone mining in this area. Main task in the work was to create 3D model of underground drifts and tunnels. During the creation were collected data about this location, those were described in detail, and evaluated for suitability in model creation. Created model was used in another output: Thematic map, which is describing state of surface and subsurface at the same time.

**Key words:** subterranean features, 3D GIS, modelling, Amerika quarries (Czech Karst)

## Obsah

Přehled použitých zkratk	7
Seznam obrázků	8
Seznam tabulek	8
1. Úvod	9
2. Úvod do problematiky a literární rešerše	10
2.1. 3D model – jeho vizualizace a využití	10
2.2. Letecké laserové skenování (LLS, LIDAR)	10
2.3. Digitální model terénu	11
2.3.1. Druhy digitálních modelů	12
3. Modelové území a podkladová data	13
3.1. Modelové území	13
3.2. Podkladová data	15
3.2.1. Data s geografickou informací	15
3.2.2. Další zdroje dat	17
4. Metodika	22
4.1. Terénní průzkum	22
4.2. Zhodnocení vstupních dat	23
4.2.1. Data s geografickou informací	24
4.2.2. Další zdroje dat	26
4.2.3. Kolize dat	27
4.3. Digitální model reliéfu	30
4.3.1. Úprava hloubky lomů	31
4.3.2. Oprava vodních ploch	33
4.4. Štoly	34
4.4.1. Vytvoření liniové vrstvy	34

4.4.2.	Převod liniové vrstvy do 3D .....	35
4.5.	Vizualizace 3D modelu v ArcScene .....	35
4.6.	Příprava dat pro tematickou mapu .....	38
4.6.1.	Závaly, jeskyně, úprava cest z měření .....	38
4.6.2.	Tvorba stínovaného modelu reliéfu .....	39
4.7.	Přehled použitých vrstev .....	40
4.8.	Tematická mapa .....	40
5.	Diskuze a závěr .....	41
	Seznam zdrojů informací .....	44
	Přílohy .....	46

## Přehled použitých zkratk

ČÚZK – Český úřad zeměměřičský a katastrální

DMP 1G – Digitální model povrchu České republiky 1. generace

DMR 5G – Digitální model reliéfu České republiky 5. generace

TIN – Triangulated irregular network = nepravidelná trojúhelníková síť

ZABAGED – Základní báze geografický dat

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - TIN DMR 5G.....	16
Obrázek 2 - výřez z plánu Situace vápencových lomů Mořina.....	18
Obrázek 3 - výřez plánu ze stránek Moskytu .....	18
Obrázek 4 - výřez plánu ze stránek Lomy "Amerika" u Mořiny.....	19
Obrázek 5 - výřez plánu ze stránek Geospeleosu .....	19
Obrázek 6 - přesnější poloha geodeticky zaměřených budov (modrá linie) .....	20
Obrázek 7 – georeferencovaná Důlní mapa vápencových lomů Mořina v oblasti Západní Ameriky .....	21
Obrázek 8 - výsledek měření (vlevo - úplný výhled na oblohu, vpravo - bez výhledu na oblohu).....	23
Obrázek 9 - "ostrůvky" vegetace namísto souvislého porostu .....	25
Obrázek 10 - polohově nepřesná ZABAGED .....	26
Obrázek 11 - georeferencovaný plán Geospeleosu.....	27
Obrázek 12 - vymezení oblastí lomů na základě sklonitosti .....	31
Obrázek 13 - vrstvy vstupující do tvorby TIN .....	33
Obrázek 14 - TIN vodní hladiny Malé Ameriky před a po opravě .....	33
Obrázek 15 - vizualizace 3D liniové vrstvy štol v ArcScene .....	35
Obrázek 16 - špičatá dna lomů .....	36
Obrázek 17 - pohled na Velkou Ameriku.....	37
Obrázek 18 - pohled na stěnu Malé Ameriky.....	37
Obrázek 19 - pohled na Štolu růží se svážnou Arnovou štolou .....	38
Obrázek 20 - rastr po použití funkce Sky-View Factor.....	40

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - další názvy lomů .....	14
Tabulka 2 - hodnoty pro výpočet oprav.....	32



## 1. Úvod

Hlavním tématem bakalářské práce je 3D modelování podzemních prostor v lokalitě lomů Amerika v Českém krasu. Ve zkoumané lokalitě se nachází systém důlních štol, které sloužily k přepravě těžného materiálu – vápence. Štoly v některých místech přetínají krasové pukliny a otevírají jeskyně nebo krasové komíny.

Námět práce vzešel od RNDr. Jakuba Lysáka. Téma práce mě ihned zaujalo, lomy Amerika jsem už předtím navštívila, tato oblast mě moc oslovila a chtěla jsem se o ní dozvědět více, proto jsem se rozhodla pro zpracování této práce. Další motivací k této práci bylo zpracovat známou lokalitu z jiného úhlu pohledu a přiblížit tak podpovrchové jevy lidem, kteří se neodvážejí podzemí navštívit.

Cílem práce je praktické zhodnocení možností softwaru ArcGIS od firmy ESRI při modelaci podzemí. V bakalářské práci jsou shromážděna a zhodnocena podkladová data (zejména data leteckého laserového skenování, důlní plány a mapy krasových jevů), jejich přesnost a vhodnost pro tvorbu. Dále byl vytvořen 3D model podzemních chodeb a popsána metodika tvorby 3D databáze. Po naplnění databáze vznikla ještě navíc podrobná tematická mapa lokality zachycující podzemní prostory (štolový systém i krasové jevy) i povrchovou situaci.

## **2. Úvod do problematiky a literární rešerše**

### **2.1. 3D model – jeho vizualizace a využití**

Klíčovým pojmem práce je 3D modelování. Pohled na 3D model by měl v naší mysli vyvolat představu nějakého prostorového objektu, podobně jako ho vnímáme v reálném světě, např. při pohledu na přírodní útvary (hory, údolí, ...), ale i na lidské výtvary (budovy, komunikace, ...).

Termínem 3D je zkracováno anglické three-dimensional, neboli troj-rozměrné, což znamená, že každému bodu v modelu jsou přiřazeny souřadnice X, Y a Z.

3D model je vhodný např. pro vizualizaci podzemních prostor nebo nepřehledných skalních oblastí, kde klasická 2D mapa nedokáže věrně zachytit některé prvky reality (skalní převisy, krasové komíny, atd.)

### **2.2. Letecké laserové skenování (LLS, LIDAR)**

Letecké laserové skenování (LLS), neboli LIDAR (z angl. Light Detection and Ranging) nebo také laserscanning je jedna z nejmodernějších metod získávání prostorových dat.

Samotnou podstatou laserového skeneru je vysokofrekvenční laserový dálkoměr, jehož paprsek je pomocí optické soustavy rozptýlen do zorného pole skeneru, který je umístěn na letadlovém nosiči. Prvotním výstupem leteckého laserového skenování je tzv. mračno bodů, které mají údaje jak o své horizontální tak vertikální poloze (soubor 3D souřadnic). Mračno je dále upraveno řadou automatických, poloautomatických i manuálních postupů, při kterých probíhá filtrace a klasifikace bodů. (Geodis, 2014) Při těchto postupech jsou odstraněna chybná měření a jsou rozlišeny body povrchu (vegetace, lidské výtvary) a reliéfu (terénní stupně, valy, násypy, ...).

Příkladem konečného výstupu dat z leteckého laserového skenování může být digitální model terénu nebo povrchu a to ve formě trojúhelníkového modelu nebo pravidelné sítě, dále je možné získat generalizovaný 3D vektorový model. (Geodis, 2014) Tyto modely mohou být doplněny daty pozemního laserového skenování, které slouží k zachycení detailů budov či prostorově složitých objektů. Po doplnění textur pak vznikají velmi realistické modely např. historických center měst.

### 2.3. Digitální model terénu

Model je prostředkem k popisu něčeho, co nemůže být vyjádřeno přímo, je to zjednodušená reprezentace reality (Bravený, 2008). Snažíme se tedy o přenesení skutečnosti do virtuálního prostředí, v němž studujeme jevy nebo procesy, které není v reálném světě možné provést.

Digitální model terénu lze také charakterizovat jako digitální reprezentaci povrchu terénu, která je složena z dat a interpolačního algoritmu, který umožňuje odvodit nadmořskou výšku v jakémkoliv bodě uvnitř modelované oblasti (Rapant, 2006).

Zdrojem dat pro digitální model terénu jsou např. geodetická měření, laserové skenování, měření GPS, fotogrammetrická měření, digitalizace vrstevnic, radarové záznamy, družicové záznamy a další méně používané zdroje (Rapant 2006). Kvalita vstupních dat je velmi důležitá pro vytvoření přesného modelu, překážkou může být malý počet bodů (model nezachytí tvary menších rozměrů) nebo velké odchylky v měření.

Pro tvorbu digitálního modelu terénu se používají různé datové modely: (Li, Zhu, Gold, 2005)

- Bodový model – je tvořen jednotlivými body, kterým je přiřazeno určité okolí (Thiessenovy polygony, nebo pravidelná síť – čtvercová, šestiúhelníková). Není příliš praktický, vznikají nespojitosti v povrchu modelu.
- Trojúhelníkový model (také vektorový model, TIN) – je tvořen sítí trojúhelníků spojujících jednotlivé body. Jeho výhodou je, že velmi přesně kopíruje tvar povrchu a dobře zachytí nerovnosti (příkré stěny, hřebeny, údolí, atd.).
- Gridový model (také rastrový model) – je tvořen čtvercovou sítí, kdy na ploše celého jednoho čtverce je konstantní hodnota. Možnou nevýhodou toho modelu je zachovávání stejné velikosti buněk (čtverců), což nemusí být žádoucí v členitějším reliéfu.
- Hybridní model – kombinuje dva až tři výše zmíněné modely

Digitální model terénu má široké využití ať jde o vojenské účely (letecké a bitevní simulace, atd.), dále využití ve vědě a inženýrství, dokonce je využíván i v počítačových hrách (Li, Zhu, Gold, 2005).

### 2.3.1. Druhy digitálních modelů

- DTM – digital terrain model (DMR – digitální model reliéfu, DMT – digitální model terénu) – zachycuje zemský povrch bez vegetace a lidských výtvorů jako jsou stavby, komunikace atd. Z modelu můžeme vyčíst např. trasu říčního toku, terénní hrany nebo náspy komunikací. Je zde více způsobů vyjádření DTM. Mezi běžné způsoby patří vektorová vrstva izochar (vrstevnic), dále barevná hypsometrie či metoda stínovaného reliéfu. (Bravený, 2008)
- DSM – digital surface model (DMP – digitální model povrchu) – je to zvláštní případ DTM, kde jsou kromě samotného zemského povrchu zachyceny i vrchní plochy objektů na něm (koruny stromů, střechy budov atd.) (VÚGTK, 2005).
- DEM – digital elevation model (DVM – digitální výškový model) – jedná se o 2,5D rastrový model, kde výškové hodnoty jsou algoritmicky přiřazeny k 2D souřadnicím. V USA je to soubor nadmořských výšek ve vrcholech mříže tvořené pravidelnými intervaly souřadnic x a y (VÚGTK, 2005). Ekvivalentem DEM je DHM (digital height model) používaný v Německu, DGM (digital ground model) používaný ve Spojeném království a DTEM (digital terrain elevation model) zavedený Geologickou službou Spojených států (USGS).
- DLM – digital landscape model (DMÚ – digitální model území, DMK – digitální model krajiny) – jedná se o komplex dat a programových prostředků pro sběr, zpracování, aktualizaci a distribuci digitálních informací o území. Model je strukturován pomocí katalogu druhů objektů a naplněn topologicko-vektorovými daty a atributy.

### 3. Modelové území a podkladová data

Tato kapitola se zabývá popisem zkoumaného území a dále rozbořem dostupných podkladových dat.

#### 3.1. Modelové území

Lomy Amerika se nachází v CHKO Český kras, asi 30 km jihozápadně od Prahy. Jde o soustavu vápencových lomů propojených podzemními štolami. Lomy Amerika jsou cílem turistů a trampů, je to však i místo vyhledávané filmaři (např. Limonádový Joe), potápěči a nudisty. Nelze také opomenout, že se jedná o evropsky významné zimoviště netopýrů (AOPK, 2014). Mezi nejznámější patří lomy Velká Amerika, Malá Amerika a Mexiko, kolem nichž (společně s lomem Kanada) je značená pětikilometrová žlutá turistická trasa.

Celá oblast je areálem vápenky rozdělena na dvě části – oblast na východ od vápenky (dále Východní Amerika) a oblast západně od vápenky (dále Západní Amerika). Termíny Východní a Západní Amerika nejsou sice zažité, ale budou v textu práce používány, protože obě lokality se poměrně výrazně liší. Do Východní Ameriky spadají lomy Velká Amerika, Mexiko a Kozolupy. Do Západní Ameriky patří lomy Kanada, Staré dvanáctky (zasypán), Malá Amerika, Modlitebna, Podkova, Želva, Liščí, Kamensko, Malé Kamensko, Soví ráj, Supí, Červený, Černý, Rybízový, Pustý a Jižní kříž. Celkem tedy najdeme v oblasti 19 lomů. Názvy lomů mají několik dalších variant (Tabulka 1), v práci budou použity zde uvedené názvy.

Název lomu použitý v práci	Další názvy lomu
Velká Amerika	Východ, Mackennovo údolí
Mexiko	Trestanecký, Trestaňák, Dešťový, Schniloušák, Mexico, Západ, Číslo 4, Osmička, Páté patro
Kozolupy	Severní ložisko, Kouřící, U Kozolup, Sluneční, Ascalona, lom Papíren, Severní překop, Papírák
Kanada	Azuráč, Azurový, Nové dvanáctky, Odkladiště, Modrý, Azurové jezero, Modrý, Bílá voda, Mramorový, Kozolupský, Závod, Modrá voda, Mramorák, Modrá laguna

Staré dvanáctky	Smetiště, Smet'ák, Stotřícítka, Mustang, Rokle stotřícítka, Rokle 130
Malá Amerika	Rešná, Rešna, Na rešnách, Nákladový, Školka, Náklad'ák, Pracoviště č. 17
Modlitebna	Montgomery
Podkova	Budňanský, Studený, Díra, Pracoviště č. 19
Želva	Delawar, Liščárna, Malá liščí díra
Liščí	Foxárna, Liščárna, Velká liščí díra, Rakušan, Číslo 10
Kamensko	Amerika, Woodcraft, Velký Přírodní, Přírod'ák, Přírodnák, Severňák, Kazatelna, Úsek č. 15, Bubovický
Malé Kamensko	Malý Přírodní, Malý Přírod'ák, Trychtýř, Těžní jáma
Soví ráj	Velikonoční, Fotbalák, Sováč, Soví, Ptačí, Úsek č. 18, Bílý
Supí	Ptačí, Černý sup, Úsek č. 18, Díra, Fotbalák, Supák, Kamenný, Pust'ák, Sup, Pracoviště č. 30, Pracoviště č. 18
Červený	V kalhotách, Traverzový, Ovčí
Černý	U výjezdu, Ovčí, S propadem
Rybízový	Specialistů, Samot'ák, Šamot'ák, Západní, Západ'ák, Sojčí, Soví, Vlčí, Velká hora, Medvěd, Rybízák, Srnčí, Objevitelů
Pustý	Rokle růží, Pust'ák, Šutrák, Růžový, Růžák
Jižní kříž	Askalóna, Kamzičí, Malý Pustý/Pust'ák, Vinetou, Vint'ák, Jižňák, Liščí lom, Liščárna

*Tabulka 1 - další názvy lomů*

Zdroj: CMA, Geospeleos, Moskyt, Katedra geofyziky, Lomy Amerika – etnografie Země nikoho

Historie těžby vápenců v oblasti Mořiny má více než staletou historii. První zmínky pocházejí sice už z dob Jana Lucemburského a Karla IV., těžba však byla příležitostná s velkými přestávkami. První písemný doklad o řádném povolení dobývání je z roku 1890, těžba byla zahájena 1891. Zachované terénní tvary napovídají, jakým způsobem se zde na přelomu století těžilo. Nejdříve ze všeho byly vytipovány lokality, kde by se mohl vápenec vyskytovat, v těchto místech se provedly průzkumné rýhy, tzv. rešny (odtud jiný název pro Malou Ameriku). Vysokoprocentní vápence většinou tvořily kolmo nebo šikmo uložené lavice, které byly zpočátku důležitým předpokladem pro těžbu. Těžilo se ručním podkopáním lavice dlouhým zářezem, do kterého vápenec vlastní vahou sjel. Tento postup

neumožňoval těžbu masivnějších nebo vodorovně uložených vápenců, které se začaly těžit až s rozvojem vrtací techniky a rozšířením trhacích prací.

Ve štolovém systému najdeme několik typů štol, které opět souvisely s technologií těžby. Základem byla průzkumná štola, která byla zakládána tak, aby mohla být později rozšířena na dopravní štolu. Příkladem průzkumných štol je Středověký systém, který měl za úkol najít ložisko vápence mezi Starými dvanáctkami a Malou Amerikou. Z chodeb byly raženy komíny, které sloužily jako sýpy, okolo kterých se lom postupně rozšiřoval, těžební materiál spadal do štol, které vybíhaly z hlavní neboli sběrné štoly, která byla vedena mimo hlavní zásoby vápence. Po vyčerpání určité lomové úrovně bylo nutné přejít hlouběji. Na lomech Amerika je celkem 5 pater štol (patra jsou vodorovná, vždy v určité nadmořské výšce), které jsou propojeny tzv. svážnými štolami a výtahy. Páteří celého systému je téměř tříkilometrová Hlavní štola neboli Budňanský překop (3. patro), kterým se vytěžený materiál z celé západní části dopravoval pomocí vozíků do areálu vápenky k dalšímu zpracování. Projekt ze 40. let počítal s prodloužením Hlavní štoly přes údolí Bubovického potoka až do lomu V Kozlu. Tento projekt však nebyl uskutečněn. (Lomy Amerika, 2014)

Dříve bylo využíváno zdejší suroviny pro výrobu páleného vápna, dále jako redukčního činitele v šachtových pecích na tavení železné rudy, později jako zdroje pro odsiřování elektráren, výrobu cementu nebo jako stavebního kameniva (Lomy Mořina, 2014). Těžba v této oblasti byla ukončena v roce 1963 po mohutném sesuvu navětralé horniny z jižní stěny Velké Ameriky. Lomy, resp. štoly je spojující, jsou také velmi zajímavou a cennou technickou památkou.

### 3.2. Podkladová data

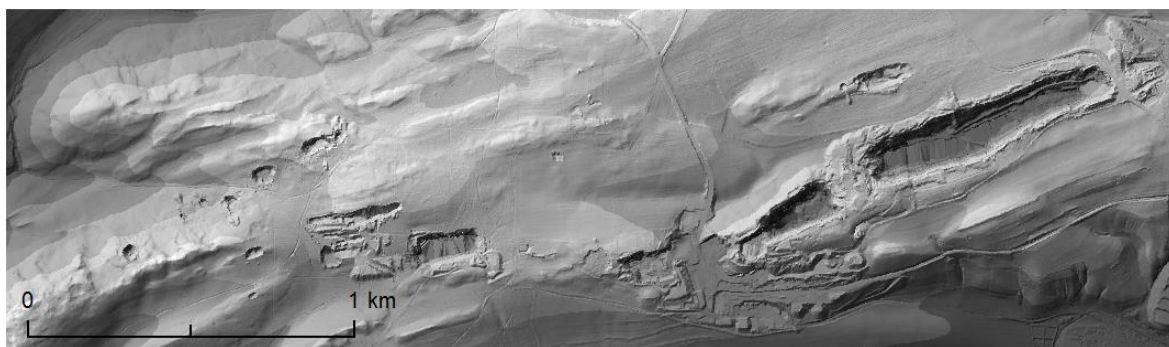
V této podkapitole si podrobně popíšeme dostupná data a jejich použitelnost pro tvorbu práce.

#### 3.2.1. Data s geografickou informací

##### DMR 5G

Celým názvem Digitální model reliéfu České republiky 5. generace, je produkt Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (dále jen ČÚZK). Zobrazuje přirozený nebo lidskou činností upravený zemský povrch. ČÚZK jej vydává ve formátu textového souboru s příponou .xyz, kde v jednom řádku najdeme vždy hodnoty x a y v souřadnicovém

systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a údaj o nadmořské výšce ve výškovém referenčním systému Balt po vyrovnání (Bpv). Model lze vizualizovat např. nepravidelnou trojúhelníkovou sítí (TIN) (Obrázek 1). Data nad touto lokalitou byla pořízena 18. 4. 2011 metodou leteckého laserového skenování výškopisu území České republiky. Ze skenování vzniklo několik výstupů (DMR 4G, DMR 5G a DMP 1G), v práci byly použity dva - DMR 5G a DMP 1G (viz dále). V současné době jsou data DMR 5G dostupná pro cca polovinu našeho území, pro celé Česko by měl být model dokončen do konce roku 2015. Model nalézá uplatnění např. při projektování pozemkových úprav, plánování a projektování dopravních, vodohospodářských a pozemních staveb, modelování přírodních jevů lokálního charakteru apod., dále je zdrojovou databází pro tvorbu vrstevnic určených pro mapy velkých měřítek a počítačové vizualizace výškopisu územně orientovaných informačních systémech vysoké úrovně podrobnosti (ČÚZK, 2010a).



*Obrázek 1 - TIN DMR 5G*

Zdroj: ČÚZK

#### **DMP 1G**

Jedná se o Digitální model povrchu České republiky 1. generace, který pochází stejně jako DMR 5G z dílny ČÚZK. Od DMR 5G se liší tím, že kromě přírodních tvarů v něm najdeme i vegetaci a lidmi vytvořené objekty (stavby, mosty, ...). Skenování probíhalo stejně jako u DMR 5G v letech 2009 až 2013, dokončení modelu se očekává do konce roku 2015. DMR 1G je vhodný „při analýzách viditelnosti, modelování šíření radiových vln, modelování šíření škodlivých látek a nečistot v ovzduší, generování virtuálních pohledů na terén v leteckých simulátorech a trenažérech“ (ČÚZK, 2010b).

#### **ZABAGED**

Akronym Základní báze geografických dat České republiky je digitální geografický model území Česka. ZABAGED se skládá ze dvou částí – polohopisné (zahrnují 2D



prostorové informace a popisné informace o sídlech, komunikacích, rozvodných sítích a produktovodech, vodstvu, územních jednotkách a chráněných územích, vegetaci a povrchu a terénním reliéfu a vybrané údaje o geodetických bodech) a výškopisné obsahující 3D prvky terénního reliéfu (ČÚZK, 2010c). Uplatnění nalézá ZABAGED především v geografických informačních systémech veřejné správy a také je zdrojem pro tvorbu základních map ČR. V současné době probíhá aktualizace v tříletém cyklu, u vybraných objektů (silnice, správní hranice, ...) minimálně jednou ročně.

### **Ortofoto**

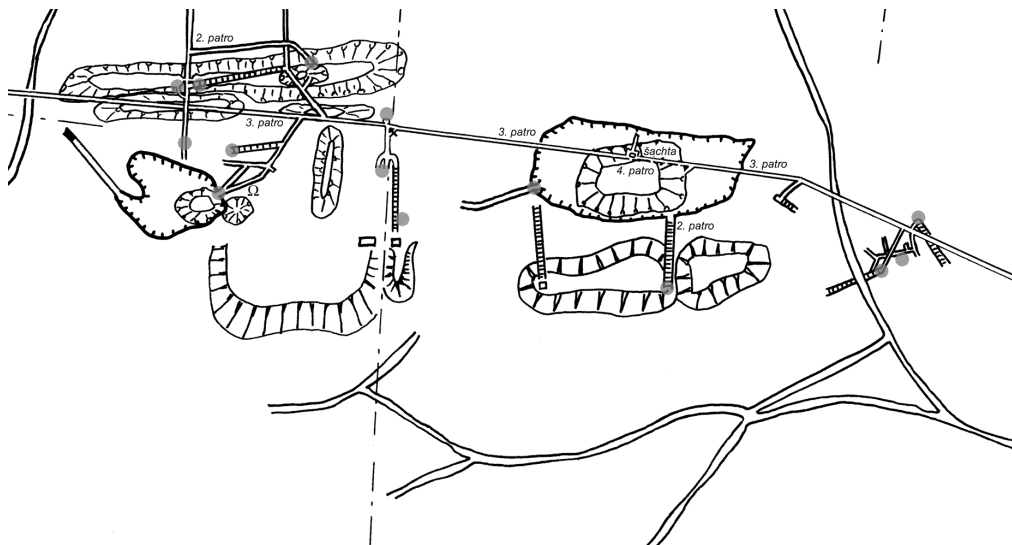
Ortofoto České republiky je georeferencované ortofotografické zobrazení zemského povrchu. Velikost pixelu byla do roku 2008 0,5 metru, od roku 2009 se velikost pixelu zmenšila na 0,25 metru. V současné době je ortofoto aktualizováno jednou za dva roky. Na tvorbě ortofota se kromě Zeměměřického úřadu podílí i Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad. Ortofoto má široké využití z řad odborné (používáno v resortech Ministerstva zemědělství, ČÚZK a Ministerstva obrany, dále organizacemi a orgány státní správy i samosprávy) i laické veřejnosti (datová vrstva mapových portálů a webových aplikací). (ČÚZK, 2010d)

### **3.2.2. Další zdroje dat**

#### **Plánky**

Plánky podzemních chodeb (štol) jsou velmi specifické a nejsou v běžné nabídce poskytovatelů geografických dat, proto bylo nutné prohledat internetové stránky. A protože lomy Amerika jsou dobře známy nejen mezi trampy, ale i mezi speleology a dalšími nadšenci, které láká rozsáhlá síť chodeb, existuje hned několik – více či méně přesných – plánků podzemí.

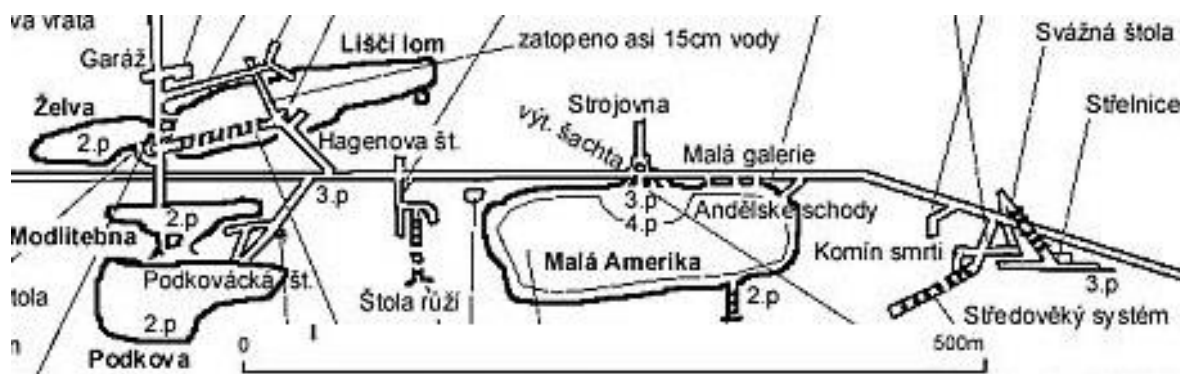
Prvním plánkem zachycující celou zájmovou oblast je plánek Situace vápencových lomů Mořina ze stránek CMA (CMA, 2002) (Obrázek 2). Jedná se o náčrt celé zájmové oblasti (není zde měřítko), který byl vytvořen z původního plánu z roku 1937, německých projektů z roku 1943 a zohledňuje stav z roku 2000.



Obrázek 2 - výřez z plánu Situace vápencových lomů Mořina

Zdroj: CMA

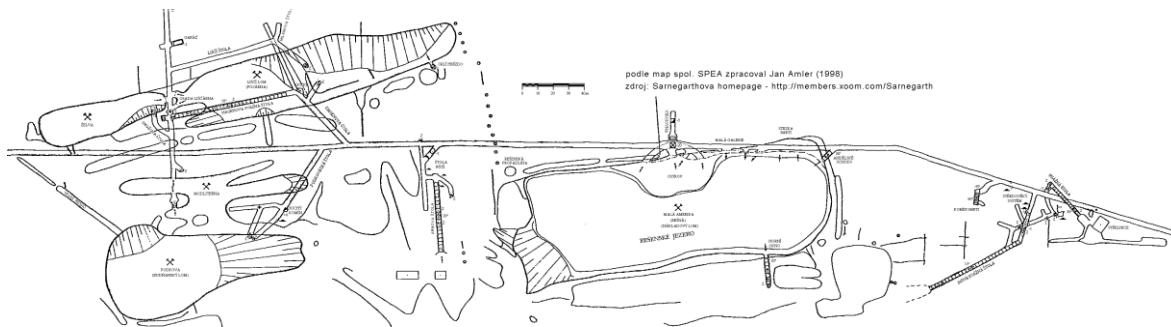
Další plánec pochází ze stránek Moskytu (Moskyt, 2000) (Obrázek 3). Mapa opět zahrnuje celé území. Najdeme zde nadmořské výšky jednotlivých pater štol a názvy lomů a štol (i stručný popis stavu).



Obrázek 3 - výřez plánu ze stránek Moskytu

Zdroj: Moskyt

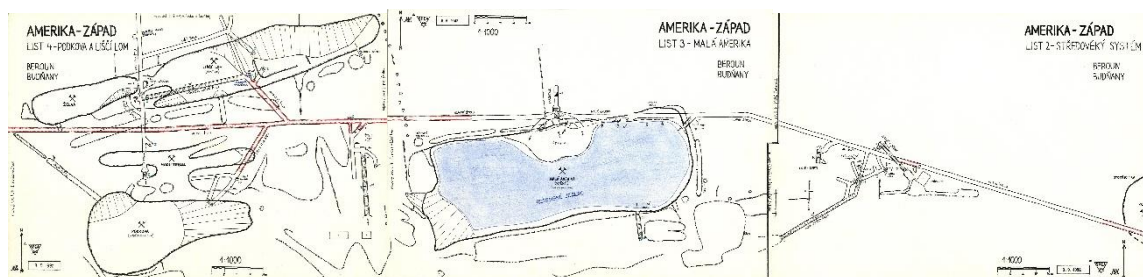
Dalším zdrojem plánků jsou stránky s názvem Lomy „Amerika“ u Mořiny (Katedra geofyziky, 1999). Nalezne zde dva typy plánků štol, které však zachycují jen Západní Ameriku. Jedny jsou rozdělené podle pater s názvy lomů a štol a je zde zaznamenán typ či stav štoly (vyzdívaná štola, svážná štola, přehrazená štola, zavalená štola, ...), jsou vyznačená i místa závalu, nedoraženého konce, šachty či krasového útvaru (Obrázek 4). Druhé kromě toho obsahují i další používané názvy pro lomy.



Obrázek 4 - výřez plánu ze stránek Lomy "Amerika" u Mořiny

Zdroj: Katedra geofyziky

Na webu Geospeleos najdeme hned dvě stránky. Na první z nich, Z historie těžby vápence na Malé Americe v Českém krasu (Geospeleos, 1994b), nalezneme plány Západní Ameriky v měřítku 1:1 000 z roku 1992 (Obrázek 5), které jsou na pohled stejné jako předchozí plány, jsou však v lepší kvalitě. Znovu se dozvíme názvy štol a lomů včetně synonym a jsou zde zakresleny i jeskyně. Na tyto plány navazuje druhá stránka, Skupina 24 – soupis jeskyní (Geospeleos, 1994a). Velice podrobně jsou zde vyobrazeny krasové jevy ve štolách (Západní i Východní Ameriky) a jejich příčné řezy, lze si tak o jejich tvaru udělat poměrně přesnou představu.



Obrázek 5 - výřez plánu ze stránek Geospeleos

Zdroj: Geospeleos

Po neúspěšném pokusu s plány podzemí (viz dále), bylo nutné, hledat další, přesnější podklady. Českým báňským úřadem jsem byla odkázána přímo na společnost Lomy Mořina spol. s r.o., která lomy vlastní. Společnost s poskytnutím dat souhlasila.

#### Geodetické zaměření

Jednou částí dat byl MicroStation .dgn soubor s geodetickým zaměřením oblasti Východní Ameriky s částí Západní Ameriky (soubor zahrnoval i Malou Ameriku). Kromě povrchového stavu (správní budovy Lomů Mořina, železniční vlečka, cesty, hrany lomů, vodní plochy zatopených lomů, vstupy do štol) jsou zde zaznamenány i štoly. Získání

tohoto souboru usnadnilo tvorbu 3D modelu podzemních prostor a zpřesnilo stavby v areálu Lomů Mořina (Obrázek 6).

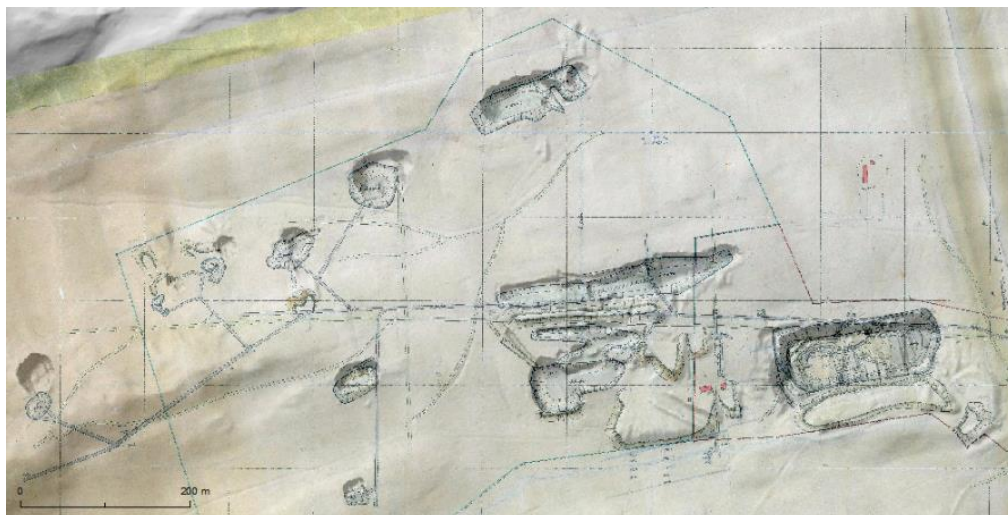


*Obrázek 6 - přesnější poloha geodeticky zaměřených budov (modrá linie)*

Zdroj: ČÚZK, Lomy Mořina spol. s r.o.

### **Důlní mapa vápencových lomů Mořina**

Další částí dat, která mi byla poskytnuta společností Lomy Mořina, je Důlní mapa vápencových lomů Mořina v měřítku 1:1 000. Jedná o naskenovanou mapu, která byla zhotovena v roce 1948. V mapě je zakreslena i zeměpisná síť v Křovákově zobrazení, jež poskytovalo předpoklad pro přesné georeferencování, takto domněnka se však nepotvrdila (Obrázek 7).



*Obrázek 7 – georeferencovaná Důlní mapa vápencových lomů Mořina v oblasti Západní Ameriky*

Zdroj: ČÚZK, Lomy Mořina spol. s r.o.

## 4. Metodika

V této části bude popsán postup práce, který vedl k vytvoření 3D databáze a tematické mapy. Prvním krokem ještě před začátkem práce bylo založení databáze, do které byly později veškerá data ukládána. Založení nové databáze proběhlo v aplikaci ArcCatalog (*New – File Geodatabase*).

V průběhu celé práce bylo použito S-JTSK (*S-JTSK\_Krovak\_East\_North*).

Dalším nezbytným krokem bylo přesné vymezení zájmové oblasti. S ohledem na objekty zájmu (lomy, výrazné terénní tvary) bylo vybráno území o velikosti 3,5 x 1 km. Hranice byla vymezena pomocí nástroje *Rectangle (Toolbar Draw)* a následně převedena do vektorové vrstvy funkcí *Convert Graphics to Feature (Toolbar Draw)*.

### 4.1. Terénní průzkum

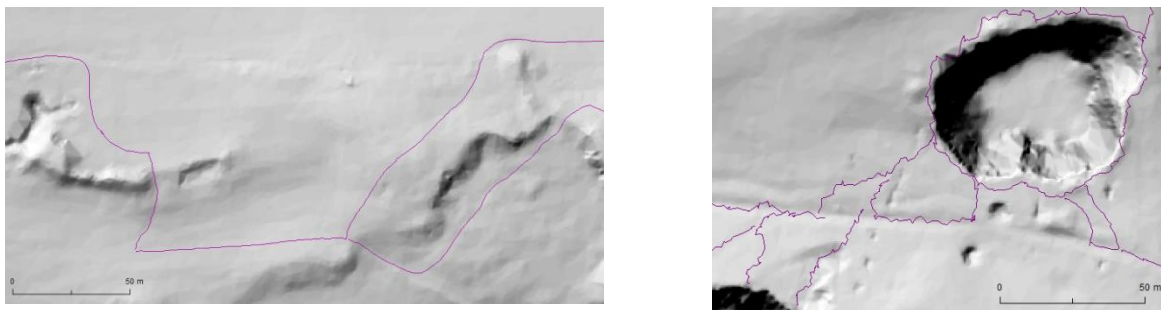
Součástí bakalářské práce jsou i terénní průzkumy modelového území. První terénní šetření proběhlo v polovině dubna 2014, protože z hlediska zaměření průzkumu bylo vyžadováno, aby byly co nejlepší podmínky (holé nebo jen málo olistěné stromy) pro měření přístrojem GeoExplorer 6000 GeoXH od společnosti Trimble, který byl zapůjčen na Katedře aplikované geoinformatiky a kartografie.

Terénní průzkum probíhal dva dny a jeho cílem bylo zaměřit prvky pro tvorbu tematické mapy, které se nevyskytovaly v žádných dostupných datech a vytvořit fotodokumentaci, která by pomohla v tvorbě 3D modelu (ústí štol v lomech). Pro účely tvorby tematické mapy byly zaměřeny především pěšiny, dále pak vyhlídková místa, místa možného sestupu do lomů, křížky, pomníčky, turistické rozcestníky, autobusová zastávka a zbytek potrubí u hrany Velké Ameriky. Byly také zaměřovány křižovatky cest pro pozdější úpravu a identifikaci naměřených pěšin. Celkem bylo zaměřeno 57 bodových prvků a 180 liniových prvků. První den byly zaměřeny prvky v okolí lomů Kanada, Mexiko a Velká Amerika, druhý den zbylá oblast Západní Ameriky.

Jelikož se jedná o území s odlišným vegetačním pokryvem, bylo možné porovnat přesnost měření GPS přístroje na volném prostranství nebo v nižším křovinatém porostu, kde byl úplný nebo částečný výhled na oblohu a v lesnaté oblasti bez výhledu na oblohu. Pokud měl přístroj dostatečný výhled na oblohu, dosahovalo měření polohové chyby až



0,25 m, naopak v zalesněné oblasti se polohová chyba zhoršila na 10-15 m, což se podepsalo na získaných datech (Obrázek 8).



*Obrázek 8 - výsledek měření (vlevo - úplný výhled na oblohu, vpravo - bez výhledu na oblohu)*

Zdroj: ČÚZK, vlastní měření

Před zpracováním dat v ArcMapu byl nutný post processing GPS měření s využitím dat CZEPOS. Po tomto procesu dosahovaly body z prvního dne měření polohové chyby do 1 m z 83 %, polohovou chybu větší než 5 m mělo pouze 0,78 % bodů, na druhé straně jen 43 % bodů z druhého dne měření dosáhlo polohové chyby do 1 m, 11,65 % bodů pak mělo polohovou chybu větší než 5 m. Nejvíce se tato odchylka projevila v bodě, který byl zaměřen na rohu rozvaliny u Malé Ameriky, zbytky budovy se podle měření nacházejí na druhé straně cesty, o 7 m dále (měřeno k vrstvě budov získané z geodetického zaměření).

Druhé terénní šetření proběhlo začátkem srpna 2014 a byla to exkurze do podzemních štol, jak do západní, tak do východní části lomů, v doprovodu Karla Fouse ze společnosti Lomy Mořina spol. s r.o. V této fázi již byla v průběhu šetření kontrolována zhotovená tematická mapa. Z areálu společnosti Lomy Mořina jsme vstoupily do štolového systému Cementovou štolou a podzemím jsme prošli až k Hagenově a Podkovácké štole (vše na úrovni 3. patra). Druhý vstup začínal v Kontaminované štole a vedl k Velké galerii (taktéž na úrovni 3. patra). Toto šetření potvrdilo několik řešení kolize dat a pomohlo některé kolize, které nebyly z plánek a fotodokumentace patrné, i nově vyřešit.

### **4.2. Zhodnocení vstupních dat**

V předchozí kapitole byla představena vstupní data, v této kapitole budou zhodnocena a bude posouzena jejich vhodnost pro tvorbu modelu a tematické mapy.

#### **4.2.1. Data s geografickou informací**

##### **DMR 5G**

DMR 5G patří k hlavním datům při tvorbě práce. Na modelu jsou velmi dobře patrné veškeré terénní tvary zkoumané oblasti, především lomy a výsypky, ale jsou zde patrné i lesní cesty. Stínovaný model vytvořený z DMR 5G byl také podkladem pro terénní průzkum.

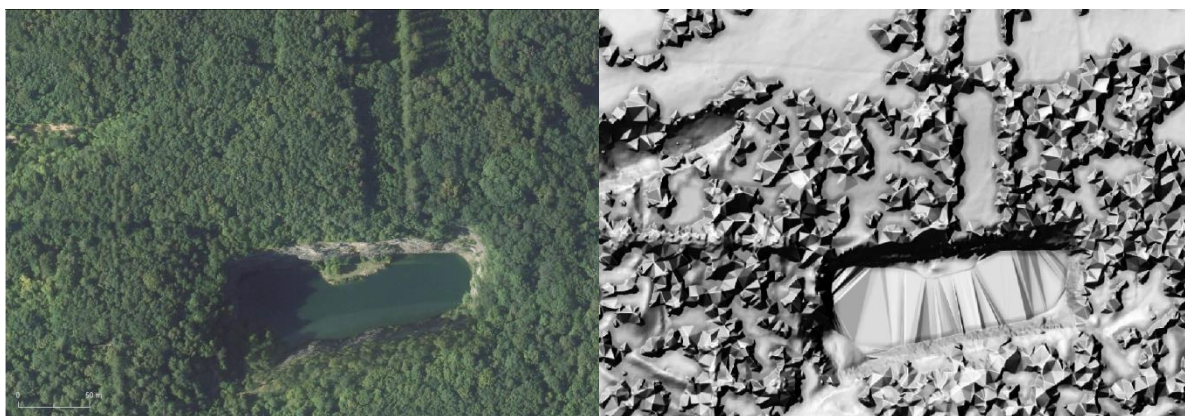
V průběhu tvorby 3D modelu se ukázalo, že nadmořská výška na dně lomů neodpovídá nadmořské výšce štol, tzn., že lomy nebyly dostatečně hluboké. Tímto nedostatkem byly postiženy hlavně lomy ze zalesněné oblasti Západní Ameriky (Malá Amerika, Liščí lom, Želva, Modlitebna, Malé Kamensko, Kamensko, Jižní kříž, Pustý lom, Supí lom, Soví ráj, Červený lom, Černý lom a Rybízový lom). Příčinou nepřesnosti digitálního modelu může být tvar lomu v kombinaci s tím, že se v lomech nachází poměrně hustá vegetace. Vystává tedy otázka, zda jsou naměřené hodnoty odrazem od dna nebo pouze od nižších částí stromů. Pochybovat můžeme i o skutečné nadmořské výšce štol (tento údaj se vztahuje k podlaze chodby), přestože se jedná o lidský výtvar, je velmi pravděpodobné, že při budování došlo k určité odchylce. Data digitálního modelu byla pořízena v době vegetačního klidu a lze tedy předpokládat, že jejich přesnost je velká, přesto byla větší váha dána údajům o nadmořské výšce štol z plánků Moskytu, které potvrdily i údaje z geodetického zaměření.

Po úpravě (viz dále) byl DMR 5G použit k tvorbě 3D modelu podzemních prostor. Na jeho základě byl také vytvořen stínovaný model reliéfu, který posloužil jako podklad pro tvorbu tematické mapy.

##### **DMP 1G**

DMP 1G je z hlediska mé práce použitelný pouze pro část modelového území, a to Východní Ameriku. Celá oblast Západní Ameriky, je zalesněna, tudíž v modelu, jenž zobrazuje i vegetaci, nepřiliš čitelná. Zde je patrná i malá nedokonalost DMP 1G, kdy v modelu, se objevují pouze „ostrůvky“ vegetace namísto souvislého porostu (Obrázek 9), což je důsledkem toho, že povrch je skenovaný v době vegetačního klidu (stromy nejsou olistěné), tudíž více paprsků projde na zemský povrch. DMP 1G tak nemohl být použit ke zpřesnění ploch vegetace.





*Obrázek 9 - "ostrůvky" vegetace namísto souvislého porostu*

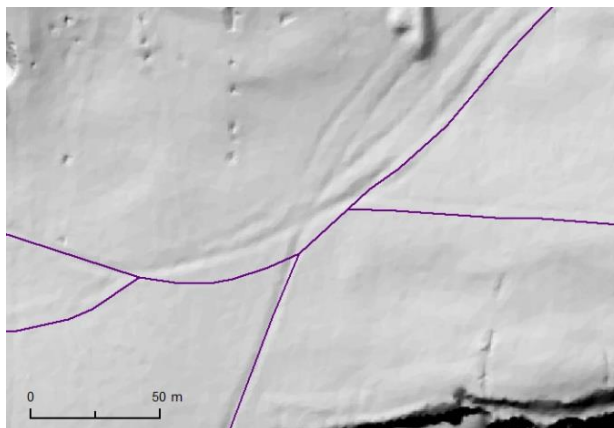
Zdroj: ČÚZK

Po odečtení rastrů DM 1G a DMR 5G lze pozorovat slabou závislost mezi „ostrůvky“ a plochami jehličnatých lesů, naopak místa zdánlivě bez vegetace relativně odpovídají porostu listnatých stromů nebo nově vysázeného lesa.

DMP 1G byl použit pouze při terénním průzkumu, pro zakreslení měřených prvků v oblasti Východní Ameriky.

## **ZABAGED**

Ve zkoumané oblasti byla ZABAGED použita pro tvorbu tematické mapy. Při konfrontaci ZABAGED a DMR 5G se objevily jisté nedostatky ZABAGED. Jak již bylo zmíněno, v DMR 5G jsou znatelné lesní cesty, v některých částech však nebyla ZABAGED totožná (Obrázek 10). Je to důsledek toho, že ZABAGED vznikla vektorizací naskenovaných a transformovaných listů ZM 10 (Základní mapa ČR 1 : 10 000). Díky neustálému cyklu aktualizací lze očekávat, že bude ZABAGED, nyní i s využitím DMR 5G, zpřesněna.



*Obrázek 10 - polohově nepřesná ZABAGED*

Zdroj: ČÚZK

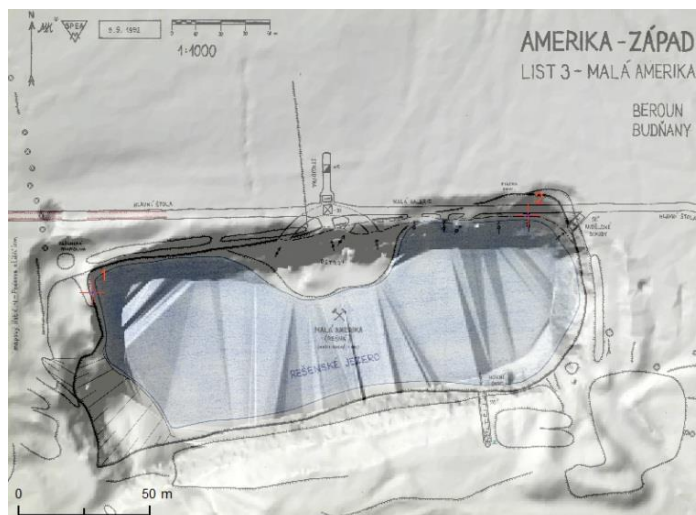
### **Ortofoto**

Vzhledem k povaze modelového území (především zalesněné západní části), není ortofoto stěžejním zdrojem mé práce. Uplatnění našlo při tvorbě tematické mapy, zejména v oblasti areálu společnosti Lomy Mořina spol. s r.o.

#### **4.2.2. Další zdroje dat**

##### **Plánky a Důlní mapa vápencových lomů Mořina**

Ačkoliv z počátku vypadaly plánky pro práci přínosně, nakonec žádné z nich nebyly natolik polohově přesné, aby mohly být georeferencovány. Jak je patrné z předchozích výřezů plánek z různých zdrojů (viz 3.2.2) liší se tvarově nejen lomy, ale i zaznamenané terénní tvary. Po georeferencování plánky polohově neodpovídaly DMR 5G (Obrázek 11).



Obrázek 11 - georeferencovaný plán Geospeleos

Zdroj: Geospeleos, ČÚZK

Jak již bylo uvedeno v Důlní mapě vápencových lomů Mořina byla zakreslena zeměpisná síť. Přestože byla mapa georeferencována podle zeměpisné sítě, poloha lomů se rozcházela s polohou lomů v DMR 5G (čím více na západ, tím větší odchylka). Nabízela se možnost georeferencování jednotlivých čtverců sítě, ale ani tímto postupem nebylo dosaženo uspokojivého výsledku, souřadnice zeměpisné sítě odpovídaly souřadnicím v DMR 5G (sít' byla přesná), polohově špatně byly zakresleny lomy a štolý.

### Geodetické zaměření

Geodetické zaměření poskytnuté společností Lomy Mořina neobsahovalo žádný detailnější popis zakreslených linií a bodů. Vyselektovány byly budovy, štolý (vyjádřeny dvojitou čarou) a tunel, které byly dále upravovány. Vrstva štol, zde získaných, je z celého štolového systému polohově nejpřesnější, přestože nejsou k dispozici metadata, při porovnání s DMR 5G zakreslené tvary (hrany lomů, terénních tvarů, atd.) odpovídaly.

#### 4.2.3. Kolize dat

Během tvorby 3D modelu podzemních prostor se přišlo na značné odlišnosti v dalších zdrojích dat, tj. mezi plánky, důlní mapou a geodetickým zaměřením. Jednalo se např. o rozcházející se údaje o tom, v jakém patře se chodba nachází, některé části štol byly v několika pláncích zakresleny, v jiných ne, u svážné štolý nebyl uvedený údaj o jejím sklonu. Kolize dat nastala i v poměrně zásadních případech, jako je například zakreslení neexistujícího lomu. Pro další tvorbu 3D modelu bylo nutné určit priority podkladových dat, podle kterých se nesoulady dat řešily. Nejvyšší prioritu získala vrstva

chodeb z geodetického zaměření, dále důlní mapa, plánky Geospeleos, plánky CMA a nakonec plánky Moskytu. K řešení sporů chodeb ústících do lomů byla také použita fotodokumentace z terénního průzkumu. K řešení podpovrchové situace napomohl popis štol v textu Lomy Amerika – etnografie Země nikoho (Pohunek, 2007). Nyní uvedu příklady nesouladu dat a jejich řešení:

### **Východní Amerika**

#### Velká Amerika

- v SV části lomu chodba v úrovni 2. patra a svážná štola – chybí údaj o sklonu svážné štoly, na plánu Moskytu a v důlní mapě toto zcela chybí → chodby převzaty z geodetického zaměření, sklon svážné štoly byl pouze odhadnut (v DMR 5G nebyl zaznamenán řádný terénní tvar, který by potvrdil vyústění štoly na povrch)
- chodba v severní stěně (přibližně uprostřed lomu) – v plánu CMA je zakreslena jako svážná, chybí však údaj o sklonu, v důlní mapě chybí → chodby převzaty z geodetického zaměření, chodba označena jako 2. patro
- Velká galerie – rozchází se zakreslení odboček, otázkou také zůstává tzv. Golemova sluj (výběžek jižním směrem z Velké galerie), která zakreslena v plánech Moskytu i CMA, v geodetickém zaměření a důlní mapě však chybí → na základě terénního šetření odbočky zakresleny podle plánu CMA, včetně Golemovy sluje
- v JZ části lomu Rytířská štola o odbočkou Blátivé štoly na úrovni 2. patra – v geodetickém zaměření a důlní mapě chybí, v plánech uvedena → zakreslena na základě fotodokumentace a popisu
- v JV části lomu chodba na úrovni 3. patra – zakreslena pouze v geodetickém zaměření a v plánu CMA – po prostudování fotodokumentace nezakresleno

#### Kontaminovaná štola

- v plánech Moskytu a CMA je zakreslen sklad v podobě několika šikmých krátkých odboček, v důlní mapě ani v geodetickém zaměření není tento sklad zachycen → potvrzeno terénním průzkumem, odbočky však zakresleny pouze schematicky

### Mexiko

- chodby 1. patra – v geodetickém zaměření a důlní mapě zcela chybí, v pláncích Moskytu a CMA jsou zakresleny, avšak s rozdílnou polohou → na základě fotodokumentace a popisu zakresleno
- chodby 2. patra (Rytířská štola) – stejný případ jako chodby 1. patra, s tím rozdílem, že štola spojuje Mexiko s Velkou Amerikou → velmi problematická oblast, plánky neodpovídají fotodokumentaci (ve stěně je vidět více „oken“ než je zakresleno v pláncích), co může být způsobeno tím, že dané „okno“ je pouze slepá, krátká průzkumná štola, dále nevyužita

### Kozolupy

- rozpor u lomu samotného – v plánu Moskytu jsou v místě lomu zakresleny lomy dva (Půlnoční lom/jáma a Kozolupy), štoly však vedou jen do menšího Půlnočního lomu, v geodetickém zaměření ani v plánu CMA se toto nevyskytuje → zakreslen pouze lom Kozolupy
- dalším rozporem je tvar štoly odbočující ze Štoly smrti (Severního překopu) – kromě geodetického zaměření se všude vyskytuje vlevo zatočená chodba jdoucí nad svážnou → přestože krasový jev 19 (U brzdy) je lokalizován v ostré levotočivé zatáčce, je lokalizování chodby jen velmi obtížné (zakreslení v jednotlivých pláncích se velmi liší), tvar štoly byl převzat z geodetického zaměření
- dále napojení lomu Kozolupy na štolový systém ústím Štoly smrti (Lomy Amerika, 2014), která je však od lomu vzdálena cca 100 m, napojení štolou odbočující ze Štoly smrti na úrovni 3. patra směrem k lomu není možná, protože je zde svážná štola na úroveň 2. patra, ve všech pláncích je však údaj, že lom Kozolupy je na úrovni 3. patra) → v současné době je lom z větší části zavezen, není tak možné ověřit existenci chodby
- otázkou zůstává také existence lomu severním směrem od Kozolup – v pláncích Moskytu a CMA je lom zakreslený jako zasypaný, v důlní mapě jsou zachycené pouze chodby bez obrysu lomu, v geodetickém zaměření toto zcela chybí, ani povrchová situace nenaznačuje existenci lomu → lom nezakreslen

## **Západní Amerika**

### Středověký systém

- v geodetickém zaměření i důlní mapě se nevyskytuje, zakreslení v plánu Moskytu se odlišuje od zakreslení v plánech CMA a Geospeleosu → Středověký systém byl zakreslen na základě plánů Geospeleos

### Malá Amerika

- svážné štoly jižním směrem – v geodetickém zaměření ani v důlní mapě nezachyceno, v plánech Moskytu a Geospeleos pouze jedna svážná štola, v plánu CMA dvě svážné štoly → zakreslena pouze jedna svážná štola na základě plánů Moskytu a Geospeleos a fotodokumentace

### Liščí lom

- konec Liščí štoly – v plánech Moskytu a Geospeleos rozdvojení, v důlní mapě a plánu CMA bez rozdvojení → rozdvojení zakresleno, kromě plánů zmíněno v popisu (Milanova štola)

### Kamensko

- Menstruační štola – liší se tvar v důlní mapě a ostatních plánech → nejasné vymezení, nezakresleno
- Kamenská svážná štola – v plánech Moskytu a Geospeleos shodný tvar i vyznačení svážné, v důlní mapě není zakreslena svážná, i tvar chodby je odlišný, v plánu CMA není chodba zaznamenána → nejasné vymezení, nezakresleno

### Nadějná štola

- na plánech Moskytu a Geospeleos zanesena jako smyčka, v důlní mapě a plánu CMA pouze jako odbočka → zakresleno jako smyčka s komínem

## **4.3. Digitální model reliéfu**

V této kapitole jsou popsány úkony, které bylo nutné provést s DMR 5G, aby se vyřešily výše popsané problémy (viz 4.2.1) a mohl být vytvořený 3D model.

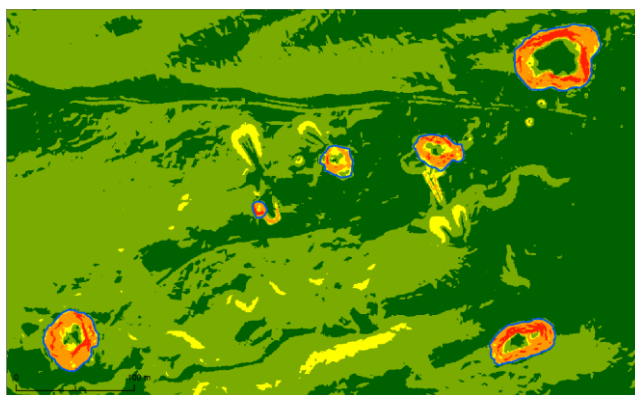
Prvním krokem při práci s DMR 5G bylo převedení získaných dat z formátu .xyz do formátu .shp. Tato transformace byla provedena funkcí *ASCII 3D to Feature Class (3D*

*Analyst Tools – Conversion – From File*), vznikla tak bodová vrstva s cca 1,7 mil. bodů. Již z bodové vrstvy je patrná absence bodů v lomech s vodní plochou (lomy Velká Amerika, Mexiko a Malá Amerika), což je důsledek způsobu pořizování dat, kdy byl použit laser v blízkém infračerveném spektru, které voda zcela pohlcuje (DIBAVOD, 2005 - 2011).

#### 4.3.1. Úprava hloubky lomů

Po převedení dat do bodové vrstvy mohla být provedena úprava – prohloubení – těchto lomů: Malá Amerika, Modlitebna, Želva, Liščí lom, Malé Kamensko, Kamensko, Jižní kříž, Pustý lom, Supí lom, Soví ráj, Červený lom, Černý lom, Rybízový lom.

Nejdříve byly vymezeny oblasti lomů pomocí rastrové vrstvy sklonitosti (Obrázek 12). Abychom získali rastrovou vrstvu sklonitosti byl nejdříve vytvořen TIN funkcí *Create TIN (3D Analyst Tools – Data Management – TIN)*, následně byl převeden do rastrového formátu funkcí *TIN to Raster (3D Analyst Tools – Conversion – From TIN)*, na základě tohoto rastru byl pomocí funkce *Slope (3D Analyst Tools – Raster Surface)* vytvořený rastr sklonitosti.



Obrázek 12 - vymezení oblastí lomů na základě sklonitosti

Zdroj: ČÚZK

Polygonová vrstva vznikla vektorizací oblastí lomů se sklonem větším než 20°, která následně prošla funkcí *Buffer (Analysis Tools – Proximity)*, kde byla zadána záporná vzdálenost (-1 m), čímž se zmenšila oblast lomu a bylo tak zaručeno, že se v dalších krocích bude pracovat pouze s body nacházejícími se v lomu. Takto zmenšená polygonová vrstva byla použita pro výběr bodů z bodové vrstvy DMR 5G. Body byly vybrány funkcí *Select By Location (Selection)*, také byl přidán sloupec VYSKA, do kterého byly funkcí *Calculate Geometry* zapsány nadmořské výšky jednotlivých bodů. Dále bylo nutné

pracovat s body každého lomu zvlášť, protože prohloubení lomů nebylo konstantní. Pro výpočet opravy byla v každém lomu zjištěna minimální a maximální nadmořská výška, požadovaná minimální nadmořská výška, dále byl dopočten rozdíl mezi minimální a požadovanou minimální nadmořskou výškou (Tabulka 2).

<b>název lomu</b>	<b>max. výška (MAX)</b>	<b>min. výška (MIN)</b>	<b>požadovaná min. výška</b>	<b>rozdíl <math>\Delta</math></b>
Malá Amerika	403,412	356,917	350	6,917
Modlitebna	409,273	397,046	390	7,046
Želva	415,584	397,747	390	7,747
Liščí lom	422,296	394,388	390	4,388
Malé Kamensko	422,853	403,897	390	13,897
Kamensko	424,917	398,567	390	8,567
Jižní kříž	394,458	381,320	375	6,320
Pustý lom	412,307	382,063	375	7,063
Supí lom	399,016	381,227	375	6,227
Soví ráj	411,097	381,690	375	6,690
Červený lom	393,571	382,480	375	7,480
Černý lom	396,333	383,611	375	8,611
Rybízový lom	412,136	382,613	375	7,613

Tabulka 2 - hodnoty pro výpočet oprav

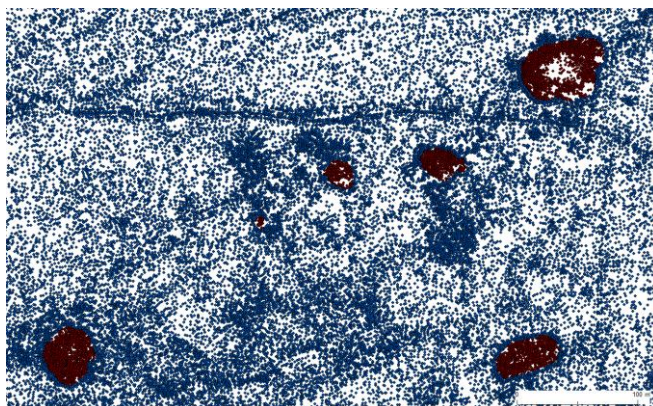
Zdroj: ČÚZK, plánky, vlastní výpočet

V atributové tabulce přibyly dva nové sloupce. První s výpočtem oprav, do kterého byl zadán výraz  $\Delta * \frac{VÝŠKA-MAX}{-MAX+MIN}$ . Za VÝŠKA byla dosazena nadmořská výška každého bodu z oblasti lomu. V druhém sloupci byla odečtena oprava od výšky jednotlivých bodů z oblasti lomu a vznikl tak nový atribut výšky. Oba sloupce byly vypočteny nástrojem *Field Calculator*. Došlo tak k lineárnímu prohloubení, tzn., bod s maximální nadmořskou výškou zůstal nezměněn, bod s minimální nadmořskou výškou byl změněn o hodnotu rozdílu a ostatní body se v tomto intervalu rovnoměrně „rozprostřely“.

Posledním krokem bylo vytvoření povrchu ze získaných bodových vrstev. Povrch byl vytvořen již zmíněnou funkcí *Create TIN (3D Analyst Tools – Data Management –*



*TIN*). Do funkce vstoupily dvě bodové vrstvy – jedna s body lomů po úpravě a druhá se všemi ostatními body (Obrázek 13).

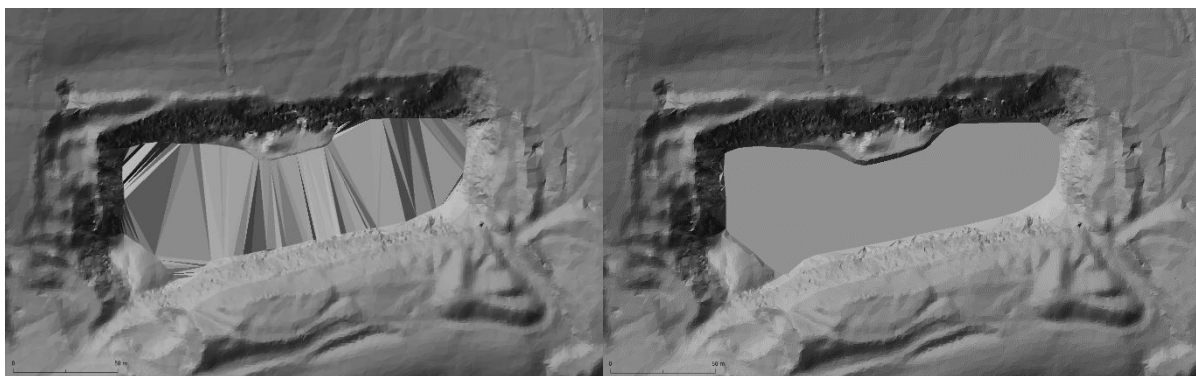


Obrázek 13 - vrstvy vstupující do tvorby *TIN*

Zdroj: ČÚZK

#### 4.3.2. Oprava vodních ploch

Na vzhledu povrchu se dále projevila absence bodů ve vodních plochách, kde místo roviny vznikly velké protáhlé trojúhelníky (Obrázek 14). K odstranění této nesrovnalosti byla použita vrstva vodních ploch ze ZABAGED, která byla zpřesněna na základě dat geodetického zaměření a rastrové vrstvy sklonitosti, navíc byl přidán sloupec *VYSKA*, do kterého byla vepsána nadmořská výška vodní hladiny uvedená v geodetickém zaměření. Samotná oprava *TIN* byla provedena funkcí *Edit TIN (3D Analyst – Data Management – TIN)*, do které vstoupily původní *TIN* a upravená polygonová vrstva vodních ploch. Kromě určení výškového atributu byl nastaven *SF Type* na *Hard\_Replace*.



Obrázek 14 - *TIN* vodní hladiny Malé Ameriky před a po opravě

Zdroj: ČÚZK

## 4.4. Štoly

V této kapitole je popsán postup získání liniové vrstvy štol a její následný převod do 3D.

### 4.4.1. Vytvoření liniové vrstvy

Liniová vrstva štol vznikla na základě dat geodetického zaměření, důlní mapy a plánků podzemí. Rozebereme si zvlášť tvorbu linií na základě dat geodetického měření, které zahrnuje území od Velké Ameriky po Malou Ameriku a zbylou oblast, pro kterou byly linie získávány jiným postupem.

Z dat geodetického zaměření byly pomocí nástroje *Identify* určeny atributy linií štol (barva, vrstva), na jejichž základě byly funkcí *Select by Attributes* tyto linie vybrány a vyexportovány do zvláštní vrstvy. Štoly z geodetického zaměření měly podobu dvojitých vodorovných linií, pro tvorbu práce však bylo nutné získat jednoduchou linii a to pomocí funkce *Collapse Dual Lines to Centerline* (*Cartography Tools – Generalization*). Z důvodu nenavazujících selektovaných linií a komplikovaných míst (křížení, mimoúrovňové křížení, atd.) bylo potřeba postupovat po menších částech, případně neuspokojivý výsledek upravit editací (např. napojení křižovatek). Vzniklo 53 vrstev s jednotlivými částmi jednoduchých linií, které byly následně spojeny funkcí *Merge* (*Data Management Tools – General*) v jednu vrstvu.

Tvorba linií štol ve zbylé části modelového území, které už nezahrnovalo geodetické zaměření, byla komplikovanější. K dispozici pro tuto oblast byly plánky a důlní mapa. Tyto podklady nejenže postrádaly přesné geodetické základy, ale také byly mezi nimi zjištěny nesrovnalosti (viz 4.2.2). Vektorizace probíhala na základě georeferencované důlní mapy, poloha chodeb byla zpřesňována odečítáním délek a směrů chodeb z plánků, pomocí popisu krasových jevů (oboje ze stránek Geospeleosu). Ke zpřesnění dále pomohly vrstevnice vytvořené funkcí *Contour* (*3D Analyst Tools – Raster Surface*) v kombinaci se stínovaným modelem DMR 5G, byl tak dobře patrný tvar lomu, či nejnižší místo lomu.

Vzhledem k rozdílné přesnosti jednotlivých částí chodeb, byl do konečné liniové vrstvy přidán atribut přesnosti a chodby tak rozděleny do čtyř kategorií:

- 1 – chodby získané z geodetického zaměření dále neupravované
- 2 – chodby získané z geodetického zaměření upravované (prodloužení chodby, aby protнула povrch, odhad sklonu svázné štoly)

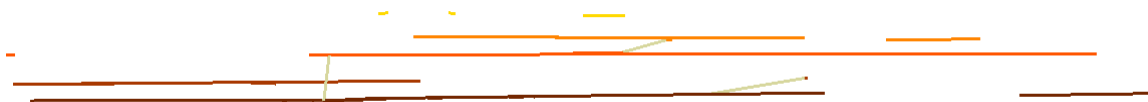
- 3 – chodby odvozené z důlní mapy a plánek
- 4 – chodby zakreslené na základě fotodokumentace a odhadu z plánek

#### 4.4.2. Převod liniové vrstvy do 3D

Před samotným převodem liniové vrstvy do 3D byla na základě vrstvy získané v 4.4.1. vytvořena nová liniová vrstva, kde byl kladen důraz na rozdělení linií v křižovatkách. Pomocí funkce *Feature Vertices to Point* (*Data Management Tools – Features*) vznikly dvě bodové vrstvy – jedna vrstva obsahovala počáteční bod, druhá vrstva koncový bod. V těchto vrstvách byly vytvořeny nové sloupce, do kterých byly vepsány nadmořské výšky začátků a konců chodeb. Po zapsání výšek byly vrstvy spojeny v jednu pomocí funkce *Merge* (*Data Management Tools – General*). Ve spojené vrstvě se vyskytovaly některé body dvakrát (koncový bod jedné linie, počáteční druhé) i vícekrát (v křižovatkách). Aby nebyly body duplicitní byla použita funkce *Dissolve* (*Data Management Tools – Generalization*). Sjednocená vrstva pak byla opět rozdělena na počáteční a koncové body, tentokrát už bez duplicity, funkcí *Spatial Join* (*Analysis Tools – Overlay*). Dále byly v liniové i bodové vrstvě vytvořené sloupce s novým identifikátorem, aby bylo možné funkcí *Join* (*Joins and Relates*) přiřadit každé linii její počáteční a koncový bod. Liniová vrstva s připojenými atributy výšky počátečního a koncového bodu byla následně vyexportována do nové vrstvy, aby se předešlo problémům při vstupu vrstvy do další funkce. Nyní jsme se dopracovali k požadované liniové vrstvě, kde každá linie má v atributové tabulce přiřazenou nadmořskou výšku počátečního a koncového bodu a mohli jsme tak přejít k funkci *Feature To 3D By Attribute* (*3D Analyst Tools – 3D Features*). Po tomto kroku dostaneme vrstvu s 3D liniemi.

#### 4.5. Vizualizace 3D modelu v ArcScene

Vrstvu 3D linií můžeme vizualizovat v ArcScene, kde jsou velmi dobře patrná jednotlivá patra štol (Obrázek 15). Pokud do ArcScene přidáme upravený TIN, získáme

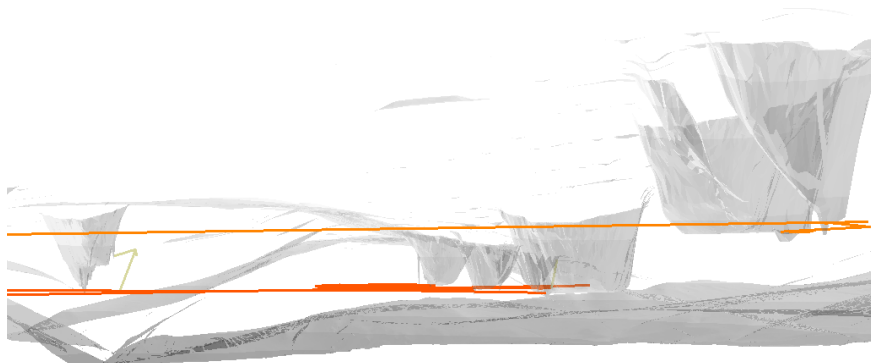


Obrázek 15 - vizualizace 3D liniové vrstvy štol v ArcScene

Zdroj: vlastní tvorba

pohled „pod povrch“. Při interakci 3D štol a TINu si můžeme všimnout důsledku druhotného prohloubení (byly přidány body v okolí ústí štoly) – dna lomů v západní části

jsou špičaté (Obrázek 16). Po prvotním „prohloubení“ popsaném v 4.3.1., prošly vrstvy TIN a 3D štol funkcí *Intersect 3D Line With Surface (3D Analyst Tools – Functional*



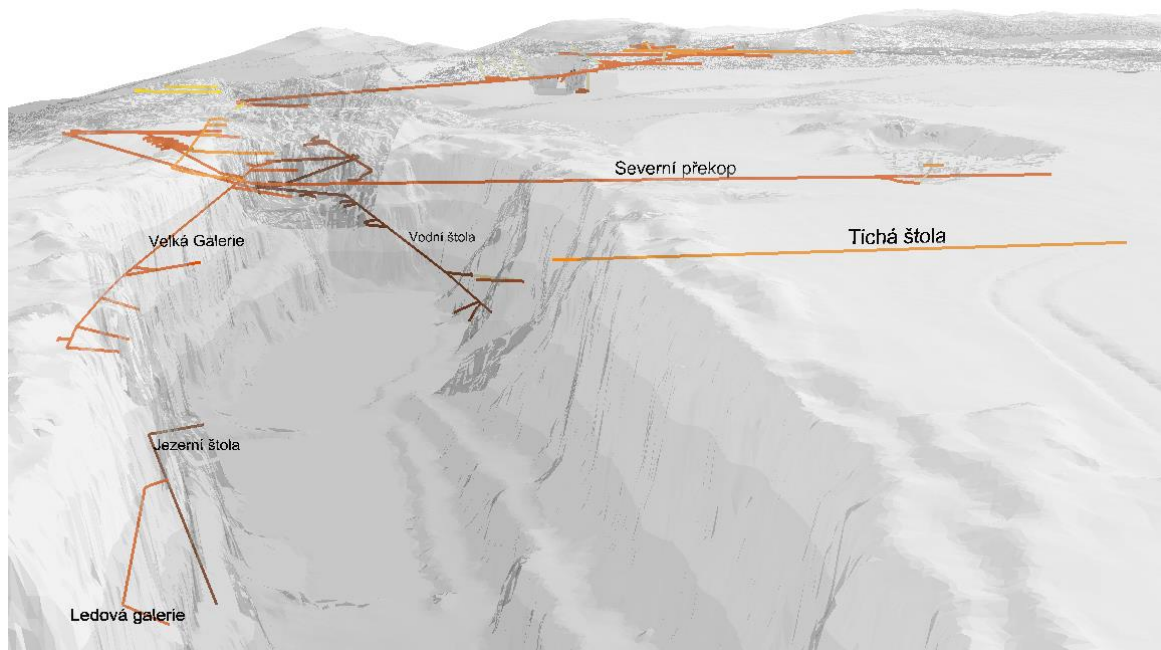
Obrázek 16 - špičatá dna lomů

*Surface*), která vyhodnotila, které linie vyústily na povrch a které nikoliv. V západní části

Zdroj: vlastní tvorba na základě plánek, geodetického zaměření a důlní mapy a dat ČÚZK

štoly bohužel nevyústily, musely tedy být druhotně prohloubeny. Jedná se o malé lomy, ve kterých je v terénu ústí štoly viditelné, ale dno lomů nedosahuje k podlaze štoly, tzn., že není odkryt celý profil chodby, ale jen jeho část.

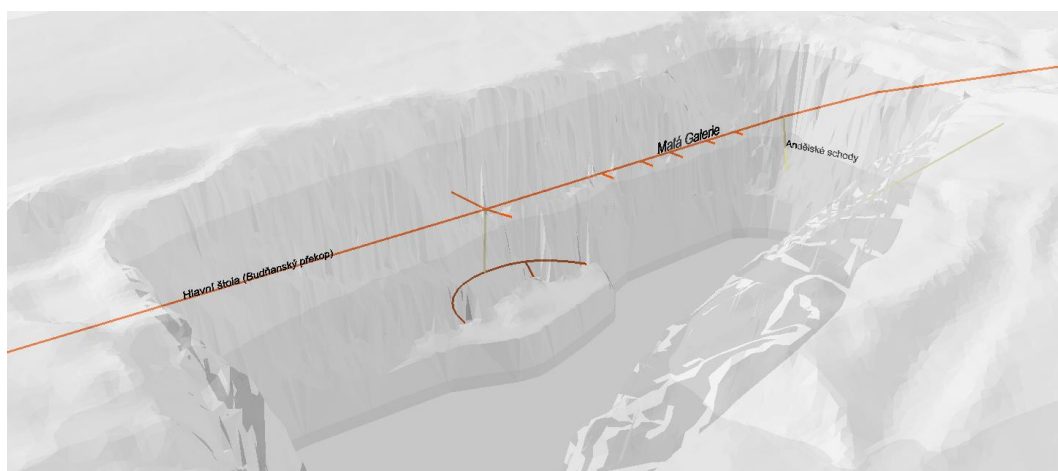
Model můžeme reprezentovat několika ukázkami z jeho vizualizaci v ArcScene. Na snímku níže (Obrázek 17) máme pohled na Velkou Ameriku od východu, je zde patrná úprava vodní plochy. Po pravé straně v popředí Tichá štola (2. patro), za ní Severní překop (3. patro) vedoucí k lomu Kozolupy. Po levé straně Velká Galerie a Ledová galerie (vše 3. patro), pod nimi Jezerní štola (5. patro).



Obrázek 17 - pohled na Velkou Ameriku

Zdroj: vlastní tvorba na základě plánků, geodetického zaměření a důlní mapy a dat ČÚZK

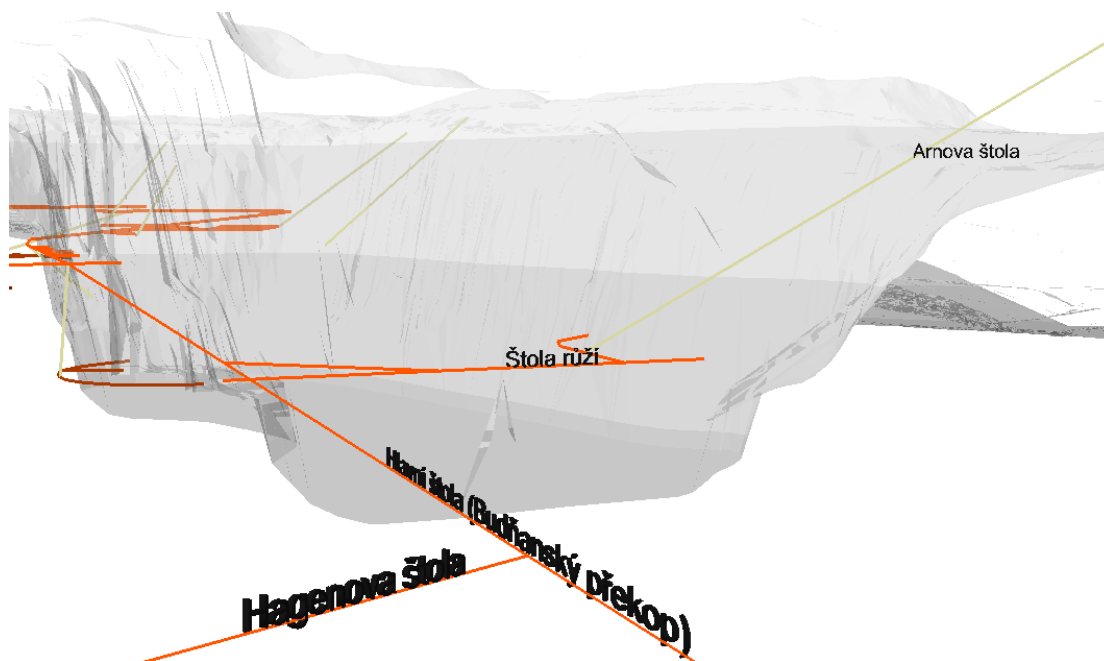
Na dalším snímku (Obrázek 18) je pohled na severní stěnu Malé Ameriky s Malou Galeríí a výtahem spojujícím 3. a 4. patro.



Obrázek 18 - pohled na stěnu Malé Ameriky

Zdroj: vlastní tvorba na základě plánků, geodetického zaměření a důlní mapy a dat ČÚZK

Posledním snímkem (Obrázek 19) je pohled „pod povrch“ ze severozápadního směru na Štolu růží (3. patro) se svážnou Arnovou stolou.



Obrázek 19 - pohled na Štolu růží se sváznou Arnovou štolou

Zdroj: vlastní tvorba na základě plánek, geodetického zaměření a důlní mapy a dat ČÚZK

#### 4.6. Příprava dat pro tematickou mapu

Před tvorbou tematické mapy bylo nutné upravit některé vrstvy. Drobnější úpravy se týkaly například vrstev ze ZABAGED (vodní plochy, lesy, cesty, pěšiny), které bylo třeba ručně editovat, protože díky přesnějšímu vymezení vodních ploch a oblasti lomů na základě DMR 5G nastal mezi vrstvami nesoulad (např. les zasahoval do oblasti lomu, nebo naopak nedosahoval kraje lomu, i když to je z ortofota patrné). Složitější zásahy jako jsou vznik nových vrstev, úprava dat z měření a tvorba stínovaného modelu, jsou popsány dále.

##### 4.6.1. Závaly, jeskyně, úprava cest z měření

Kromě základních vrstev ze ZABAGED bylo třeba pro tematickou mapu vytvořit i nové tematické vrstvy. Jednou z nich byla polygonová vrstva závalů, která vznikla vektorizací na základě plánek. Další vrstvou byla bodová vrstva krasových jevů, která byla získána na základě soupisu jeskyní na stránkách Geospeleos (Geospeleos, 1994a).

Linie naměřené při terénním šetření bylo nutné upravit, GPS přístroj snímal linii tím způsobem, že každou sekundu zaměřil polohu a jednotlivé body pak propojil. Výstupem tedy byly „rozskákané“ linie s velkým množstvím vrcholů.



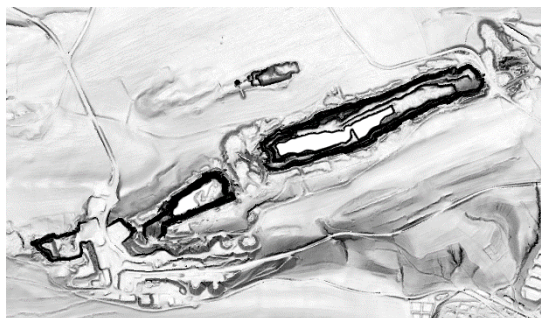
Pro zjednodušení linií se nabízely dva nástroje a to *Smooth Line* a *Simplify Line* (oba z *Cartography Tools – Generalization*). Pro prvotní úpravu byla použita funkce *Smooth Line*, která linie zjednodušila vyhlazením ostrých úhlů, aby mohly být následně editovány pomocí nástroje *Snap (Toolbar Snapping)*, protože na sebe přesně nenavazovaly. Po propojení linií byla nutná další generalizace, proto liniová vrstva prošla ještě nástrojem *Simplify Line*. V některých místech bylo také nutné upravit polohu pěšiny z důvodu „uskočení“ za hranici lomu.

#### 4.6.2. Tvorba stínovaného modelu reliéfu

Podkladem tematické mapy je stínovaný model reliéfu. Stínovaný model vznikl na základě TIN. Nejprve byla vytvořena rastrová vrstva reliéfu funkcí *TIN to Raster (3D Analyst Tools – Conversion – From TIN)*. Pro vytvoření co nejrealističtější vizualizace povrchu bylo zkombinováno několik rastrových vrstev stínovaného modelu, kdy byl povrch „nasvícen“ z různých směrů a různých výšek. Původní rastrová vrstva tedy čtyřikrát prošla funkcí *Hillshade (3D Analyst – Raster Surface)*. Tyto čtyři rastrové vrstvy byly s různou vahou zkombinovány do jediné rastrové vrstvy pomocí nástroje *Raster Calculator (Spatial Analyst Tools – Map Algebra)*. Směry a výšky „nasvícení“ a váhy byly následující:

- ze severu pod úhlem 20° - váha 0,1
- z jihu pod úhlem 45° - váha 0,1
- ze severozápadu pod úhlem 20° - váha 0,2
- ze severozápadu pod úhlem 45° - váha 0,6.

Pro vytvoření plastičtějšího dojmu byla rastrová vrstva stínovaného reliéfu ještě navíc zkombinována s rastrem, který prošel funkcí *Sky-View Factor (ZRCSAZU, 2010)*. Tato funkce přiřadí každé buňce rastru různý stupeň šedi podle viditelnosti z daného místa (Obrázek 20), tzn. čím menší výhled, tím tmavší odstín šedi, zvýrazní se tak lokální povrchové tvary. Na kombinaci rastrů nástrojem *Raster Calculator* se z 90 % podílí již jednou kombinovaný stínovaný model a z 10 % rastr funkce *Sky-View Factor*.



Obrázek 20 - rastr po použití funkce Sky-View Factor

Zdroj: ČÚZK

#### 4.7. Přehled použitých vrstev

K lepší orientaci v databázi i v úkonech popisovaných v kapitole 4 pomůže následující tabulka (Příloha 1). V prvním sloupci je název vrstvy, pod kterým je uložena v databázi, v druhém sloupci o jaký typ vrstvy se jedná, ve třetím sloupci nalezneme stručný popis vrstvy, dále v jaké části práce se o daném úkonu pojednává, případné další rozčlenění vrstev do datasetů a nakonec zda daná vrstva vstoupila do tvorby tematické mapy.

#### 4.8. Tematická mapa

Na tvorbě tematické mapy se kromě vrstev zmíněných v předchozích kapitolách (souhrnně v Příloha 1) podílely i další vrstvy (viz Příloha 2). Podkladem tematické mapy se staly vrstvy ZABAGED, které byly doplněny o zaměřené cesty a pěšiny, o vektorizované terénní stupně, také některé budovy byly přesněji vymezeny v geodetickém zaměření (tyto byly nahrazeny). Tematický obsah reprezentují především vrstvy štol a krasových jevů. Mapa byla dále doplněna o řadu místních názvů z textu Lomy Amerika – etnografie Země nikoho (Pohunek, 2007).



## 5. Diskuze a závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo modelování podzemních prostor pomocí softwaru ArcGIS. Zájmovým územím pro práci se stala lokalita lomů Amerika v Českém krasu. Tato oblast byla z hlediska zaměření práce velmi vhodná, neboť v souvislosti s těžbou vápence zde vznikl přehledný podzemní štolový systém uspořádaný do pěti pater propojený šikmými chodbami (tzv. svážnými štolami). Hloubením štol se také odkrylo na 95 krasových jevů – komínů a jeskyní. Kromě 3D modelu podzemních chodeb bylo dalším cílem vytvořit na základě získaných dat tematickou mapu, která kromě povrchové situace zohlední i podpovrchové jevy – tzn. štoly, krasové jevy, závaly.

Prvním dílčím úkolem bylo shromáždění dat o zájmové oblasti, šlo hlavně o podklady týkající se podpovrchové situace. Po prohledání internetových stránek trampů, speleologů a dalších nadšenců, bylo nalezeno několik podob plánek lokality, ať už se jednalo o pouhé schematické zakreslení po plánci s měřítkem a zákresem průřezu štol a krasových jevů. Tato data však nebyla dostačující, proto byla o data požádána společnost Lomy Mořina spol. s r.o., která laskavě zapůjčila geodetické zaměření oblasti Východní Ameriky a také naskenovanou Důlní mapu vápencových lomů Mořina z roku 1948 v měřítku 1 : 1 000, která je jedinou souhrnnou mapou (ne schématem nebo plánkem) zachycující celou zájmovou oblast. Další částí dat byla data poskytnutá ČÚZK, a to DMR 5G, DMP 1G, ortofoto a ZABAGED – polohopis. Data byla popsána a zhodnocena z hlediska použitelnosti pro tvorbu modelu a tematické mapy modelového území.

Na základě plánek, geodetického zaměření a důlní mapy pak vznikla tematická vrstva nutná pro vznik modelu – vrstva štol. Tento proces byl poněkud zdlouhavý, protože přesná poloha štol byla pouze v území zahrnutém geodetickým zaměřením (které sahala po Štolu růží, chyběl Středověký systém), ve zbývajících částech Západní Ameriky byly štoly zakresleny odečtením vzdáleností a úhlů z plánek a také v souvislosti s povrchovou situací. Mezi jednotlivými plánky, geodetickým zaměřením a důlní mapou také byly zjištěny jisté rozpory, které bylo nutné řešit a to pomocí porovnání plánek, popisu krasových jevů nacházejících se v blízkosti kolize dat, fotodokumentace, terénního průzkumu. Následně byla vytvořena databáze, ve které byly shromážděny všechny pomocné vrstvy, které se podílely na vzniku vrstvy štol i na jejím převodu do 3D a dále vrstvy související s vytvořením povrchu z DMR 5G. V průběhu tvorby se však vyskytl problém, kdy hloubka lomů nekorespondovala s předepsanou výškou štol – štoly, které měly ústít do lomu, se

nacházely pod dnem lomu. Byla proto provedena úprava – „prohloubení“ – DMR 5G. Kromě této úpravy byl v DMR 5G proveden ještě jeden úkon a to oprava vodních ploch.

Dalším cílem bylo vytvoření tematické mapy oblasti zachycující podpovrchové jevy (štoly, krasové jevy) ve vztahu k povrchové situaci. Základem pro tematickou mapu byly vrstvy ZABAGED – polohopis, spolu se stínovaným modelem reliéfu vytvořeným z DMR 5G. Při tvorbě mapy byla použita tematická vrstva štol vytvořená pro 3D model. Na základě plánek byla vytvořena další tematická vrstva – vrstva závalů. Vrstva krasových jevů byla vytvořena na základě Soupisu jeskyní (Geospeleos, 1994a). Mapa byla také doplněna o řadu místních názvů získaných z plánek a textu Lomy Amerika – etnografie Země nikoho (Pohunek, 2007). V neposlední řadě se na tematické mapě podílela dvě terénní šetření. První průzkum byl orientován na zaměření povrchových objektů pomocí GPS – cest, pěšin, pomníků, sestupů do lomů, vyhlídek a dalších bodů zájmu. Druhým šetřením byla exkurze do podzemních štol, kdy probíhala kontrola již téměř finální verze tematické mapy a modelu.

Praktickým výstupem práce je tedy databáze se shromážděnými daty pro tvorbu 3D modelu chodeb a tematické mapy. 3D model je reprezentován několika obrazovými výstupy. Tematická mapa je zpracována v měřítku 1 : 2 500 a díky tvaru zájmového území má atypický rozměr 140x40 cm. Vytyčené cíle lze tak pokládat za splněné.

Za silnou stránku modelu považuji jeho reálnost a tak snadnější orientaci v této technické památce. Model také přispívá k pochopení technologie těžby v dané lokalitě. Naopak jisté rezervy jsou v samotné poloze štol.

Za největší přínos práce považuji vznik tematické mapy celé oblasti. Poslední souhrnná mapa, která byla v průběhu rešerše dat přístupná je Důlní mapa vápencových lomů Mořina z roku 1948. Z běžně dostupných map oblasti má jako jediná geodetický základ (povrchové jevy lze s využitím GPS přesně najít). Dále bych vyzvedla nově zaměřené pěšiny v okolí lomů, které se na dalších mapách taktéž nevyskytují. Tematická mapa bude propůjčena Občanskému sdružení Hagen-Mořina, které postupně zpřístupňuje štoly veřejnosti a snaží se o vybudování muzejní expozice o zdejší těžbě. Věřím, že tak mapa najde své praktické využití.

Přestože byly všechny definované cíle splněny, je zde několik možností, jak by se mohlo dosáhnout ještě dokonalejších výsledků. Za jistou slabinu lze považovat nesoulad

hloubky lomů a ústí štoly. Data DMR 5G byla nad zájmovým územím pořízena v době vegetačního klidu, což předpokládá jejich velkou přesnost, na druhou stranu tvar „prohlubovaných“ lomů může přesnost snížit. Řešení se tedy nabízí v přeměření nadmořské výšky ústí štoly. Pro přeměření nadmořské výšky ústí štoly je k dispozici hned několik metod – geodeticky (nivelací), pomocí GPS přístroje, fotogrammetricky nebo pozemním laserovým skenováním. Z hlediska přístupnosti lomů a jejich vegetačního pokryvu lze metody nivelace a fotogrammetrie pokládat za velmi obtížně realizovatelné. Co se týče zaměření pomocí GPS přístroje, nelze v tomto případě očekávat uspokojivé výsledky. Již v průběhu terénního průzkumu na okraji lomů dosahovala střední chyba přístroje poměrně vysokých hodnot, která by se na dně lomů ještě zvýšila. Poslední možností je tedy pozemní laserscanning, překážkou však může být dostupnost této technologie. Dalším námětem může být detailnější prozkoumání podzemí (např. přesné určení štol ústících na povrch), to však náleží povolaným osobám, některé části štolového systému jsou přístupné pouze s využitím horolezeckého speleoalpinistického vybavení.

Tato práce zpracovává model štolového systému pouze pomocí trojrozměrných linií. Je zde tedy velký potenciál, jak toto téma dále rozvíjet. Na základě těchto linií by mohly být vymodelovány přímo profily jednotlivých chodeb nebo i krasových jevů (jejich tvar a velikost jsou zakresleny a popsány na stránkách Geospeleosu), případně se opět nabízí možnost snímání chodeb pozemním laserovým skenováním. V ideálním případě by pak pomocí textur mohla být vytvořena virtuální prohlídka štolového systému.

## Seznam zdrojů informací

AOPK. 2014. Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Štoly Velké Ameriky [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: [https://portal.gov.cz/portal/publikujici/9gsaax4/informace/14055\\_doc.pdf](https://portal.gov.cz/portal/publikujici/9gsaax4/informace/14055_doc.pdf).

BRAVENÝ, L. 2008. Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: ŠTYCH, P. ... [et al.] (Eds.). Vybrané funkce geoinformačních systémů. Praha: Česká kosmická kancelář, 2008, s. 80-127.

CMA. 2002. Lomy Amerika [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.podzemi-cma.cz/podzemi/amerika/inden.htm>.

ČÚZK. 2010a. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z WWW: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302](http://geoportal.cuzk.cz/(S(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMR5G-V&mapid=8&menu=302).

ČÚZK. 2010b. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z WWW: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMP1G-V&mapid=8&menu=303](http://geoportal.cuzk.cz/(S(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=vyskopis&metadataID=CZ-CUZK-DMP1G-V&mapid=8&menu=303).

ČÚZK. 2010c. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z WWW: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55\)\)/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=zabaged&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-VP&mapid=8&menu=241](http://geoportal.cuzk.cz/(S(w0rh0d555bznlz3aw5f3zg55))/Default.aspx?lng=CZ&mode=TextMeta&side=zabaged&metadataID=CZ-CUZK-ZABAGED-VP&mapid=8&menu=241).

ČÚZK. 2010d. Geoportál ČÚZK [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z WWW: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(c1mkjgamptdhf3ioni2h5p55\)\)/default.aspx?mode=TextMeta&ext=ortofoto\\_info&side=ortofoto&menu=23](http://geoportal.cuzk.cz/(S(c1mkjgamptdhf3ioni2h5p55))/default.aspx?mode=TextMeta&ext=ortofoto_info&side=ortofoto&menu=23).

DIBAVOD. 2005 - 2011. Možnosti využití laserového snímání povrchu pro vodohospodářské účely [online]. [cit. 2014-07-13]. Dostupné z WWW: [http://www.dibavod.cz/data/lis\\_clanek\\_vtei.pdf?PHPSESSID=uxbjycatmqkz](http://www.dibavod.cz/data/lis_clanek_vtei.pdf?PHPSESSID=uxbjycatmqkz).

GEODIS. 2014. Laserové skenování [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z WWW: <http://www.geodis.cz/sluzby/laserscanning>.

GEOSPELEOS. 1994a. Skupina 24 – soupis jeskyní [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.geospeleos.com/Lokality/Skupina24/Seznam.htm>.

GEOSPELEOS. 1994b. Z historie těžby vápence na Malé Americe v Českém krasu [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.geospeleos.com/Lokality/Skupina24/Literatura/57-ZHistorieTezby/57-ZHistorieTezby.htm>.

MOSKYT. 2000. Lomy Mořina [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.moskyt.net/ceska-amerika>.

KATEDRA GEOFYZIKY. 1999. Lomy „Amerika“ u Mořiny [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://geo.mff.cuni.cz/~vecsey/amerika/#lomy>.

LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C. 2005. Digital terrain modelling: principles and methodology. Boca Raton: CRC Press, 2005. 323 p. ISBN 0-415-32462-9.

LOMY MOŘINA. 2014. Historie dobývání [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.lomy-morina.cz/>.

LOMY AMERIKA. 2014. Historie dobývání [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.lomy-morina.cz/>.

POHUNEK, J. 2007. Lomy Amerika – etnografie Země nikoho [online]. Postupová práce. Praha: Ústav etnologie Filozofické fakulty UK, 2007, 83 s. [cit. 2014-08-12]. Dostupné z: [http://prebral.net/dok/Ameriky\\_or.pdf](http://prebral.net/dok/Ameriky_or.pdf).

RAPANT, P. 2006. Geoinformatika a geoinformační technologie. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut geoinformatiky, 2006. 513 s. ISBN 80-248-1264-9.

RAPER, J. 1989. Three dimensional applications in Geographical Information Systems. London: Taylor & Francis, 1993. 189 p. ISBN 0-85066-776-3.

VÚGTK. 2005. Terminologický slovník zeměměřictví a katastru nemovitostí [online]. [cit. 2014-02-13]. Dostupné z: <http://www.vugtk.cz/slovník>.

ZRCSAZU. 2010. Sky-View Factor Based Visualization [online]. [cit. 2014-08-02]. Dostupné z: <http://iaps.zrc-sazu.si/en/svf#v>.

## **Přílohy**

Příloha 1 – přehled vrstev databáze .....	49
Příloha 2 - vrstvy pro tvorbu tematické mapy .....	50
Příloha 3 - náhled tematické mapy .....	51
Příloha 4 - výřez tematické mapy (lom Mexiko a část lomu Velká Amerika).....	52
Příloha 5 - obsah přiloženého DVD .....	52

<b>název vrstvy</b>	<b>typ</b>	<b>stručný popis</b>	<b>kapitola</b>	<b>dataset</b>	<b>mapa</b>
oblast	polygon	vymezení zájmové oblasti	4.		ano
ASCII3DTo FeatureClass	point	převod .xyz na .shp	4.3.		-
TIN_1	TIN	TIN z ASCII3DToFeatureClass	4.3.1.		-
TIN_1_raster	raster	rastr z TIN_1	4.3.1.		-
sklonitost	raster	rastr sklonitosti	4.3.1.		-
oblast_lomu	polygon	vymezené oblasti lomů	4.3.1.		ano
oblast_lomu_ buffer	polygon	zmenšená oblast lomů	4.3.1.	lomy uprava	-
lomy	point	body vybrané z ASCII3DTo FeatureClass s novým atributem výšky	4.3.1.	lomy uprava	-
okoli_lomu	point	ostatní body z ASCII3DTo FeatureClass	4.3.1.	lomy uprava	-
TIN_2	TIN	TIN po úpravě lomů	4.3.1.		-
vodni_plocha	polygon	vodní plochy s atributem výšky	4.3.2.	lomy uprava	ano
TIN_3	TIN	TIN po úpravě lomů a vody	4.3.2.		-
stoly_V_ dvojite	line	štoly z geodetického zaměření (dvojitě linie)	4.4.1.	stoly	-
stoly_V_ jednoduche	line	štoly z geodetického zaměření (jednoduché linie)	4.4.1.	stoly	-
stoly_Z	line	štoly z plánek a důlní mapy	4.4.1.	stoly	-
vrstevnice_ 1m	line	vrstevnice po 1 metru	4.4.1.		-
stoly_celek	line	spojené vrstvy stoly_V_ jednoduche a stoly_Z	4.4.2.	stoly	ano
stoly_start	point	počáteční body štol	4.4.2.	stoly	-
stoly_end	point	koncové body štol	4.4.2.	stoly	-
stoly_merge	point	spojené vrstvy stoly_start a stoly_end	4.4.2.	stoly	-

stoly_dissolve	point	odstraněné duplicitní body ze stoly_merge	4.4.2.	stoly	-
stoly_start_join	point	počáteční body s výškou a nový identifikátorem	4.4.2.	stoly	-
stoly_end_join	point	koncové body s výškou a novým identifikátorem	4.4.2.	stoly	-
stoly_celek_join	line	štoly s připojenými atributy počátečních a koncových bodů	4.4.2.	stoly	-
stoly_3D	line	3D linie štol	4.4.2.	stoly	-
odecet	raster	odečtené DMP 1G a DMR 5G	4.2.1.		-
mereni_cesty_V	line	naměřené cesty Východní Ameriky	4.6.1.	mereni	-
mereni_cesty_V_smooth	line	prvotní generalizace naměřených cest Východní Ameriky	4.6.1.	mereni	-
mereni_cesty_V_simplify	line	generalizace po napojení cest Východní Ameriky	4.6.1.	mereni	ano
mereni_cesty_Z	line	naměřené cesty Západní Ameriky	4.6.1.	mereni	-
mereni_cesty_Z_smooth	line	prvotní generalizace naměřených cest Západní Ameriky	4.6.1.	mereni	-
mereni_cesty_Z_simplify	line	generalizace po napojení cest Západní Ameriky	4.6.1.	mereni	ano
stoly_V_centr	dataset	části jednoduchých linií štol, ze kterých vznikla vrstva stoly_V_jednoduche	4.4.1.		-
stin_J45	raster	stínování z jihu pod úhlem 45°	4.6.2.		-
stin_komb	raster	zkombinované stínování z různých směrů a úhlů	4.6.2.		-
stin_komb_SVF	raster	kombinace stin_komb a SVF	4.6.2.		ano
stin_S45	raster	stínování ze severu pod úhlem 45°	4.6.2.		-

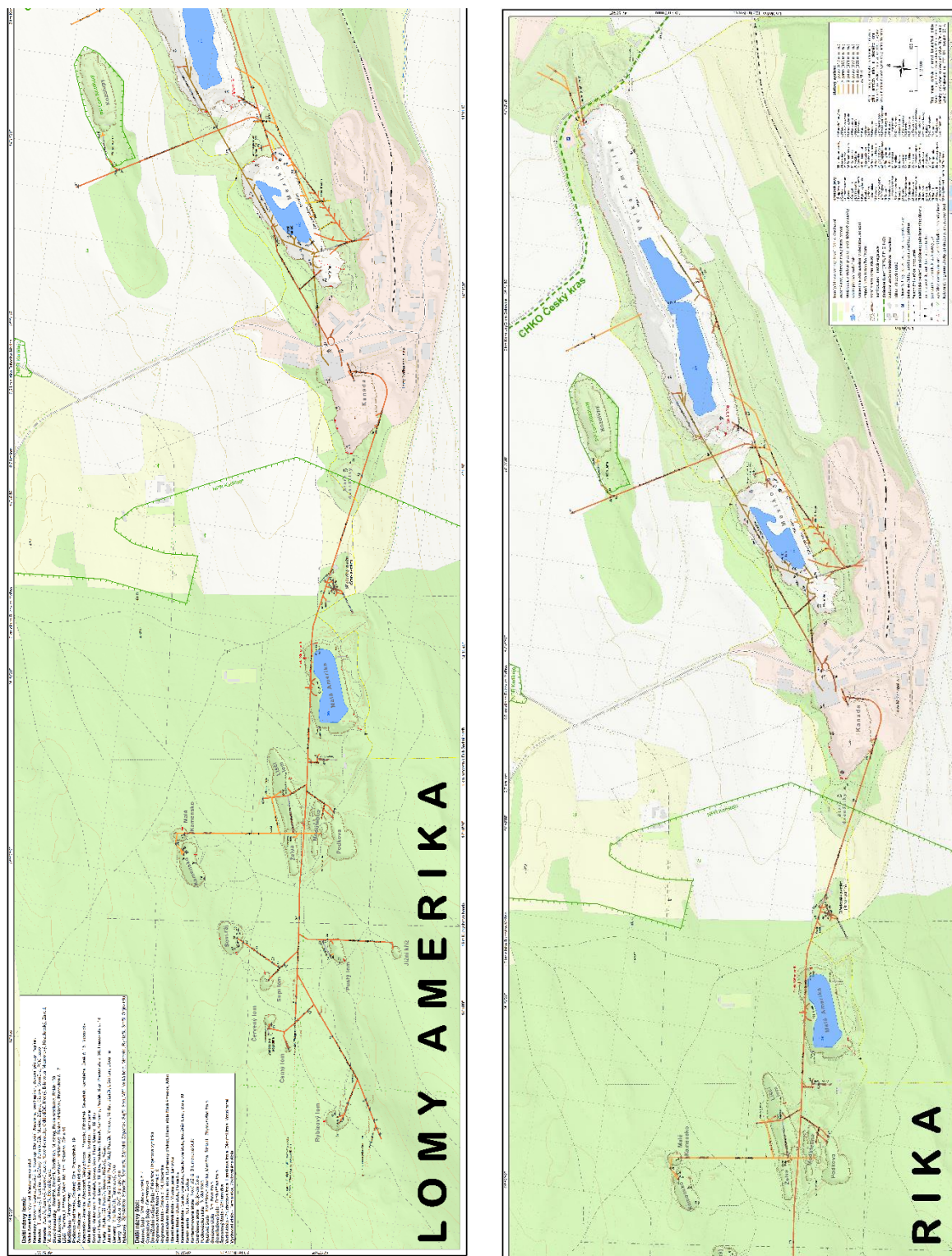


stin_SZ20	raster	stínování ze severozápadu pod úhlem 20°	4.6.2.		-
stin_SZ45	raster	stínování ze severozápadu pod úhlem 45°	4.6.2.		-
SVF	raster	Sky-View Factor	4.6.2.		-

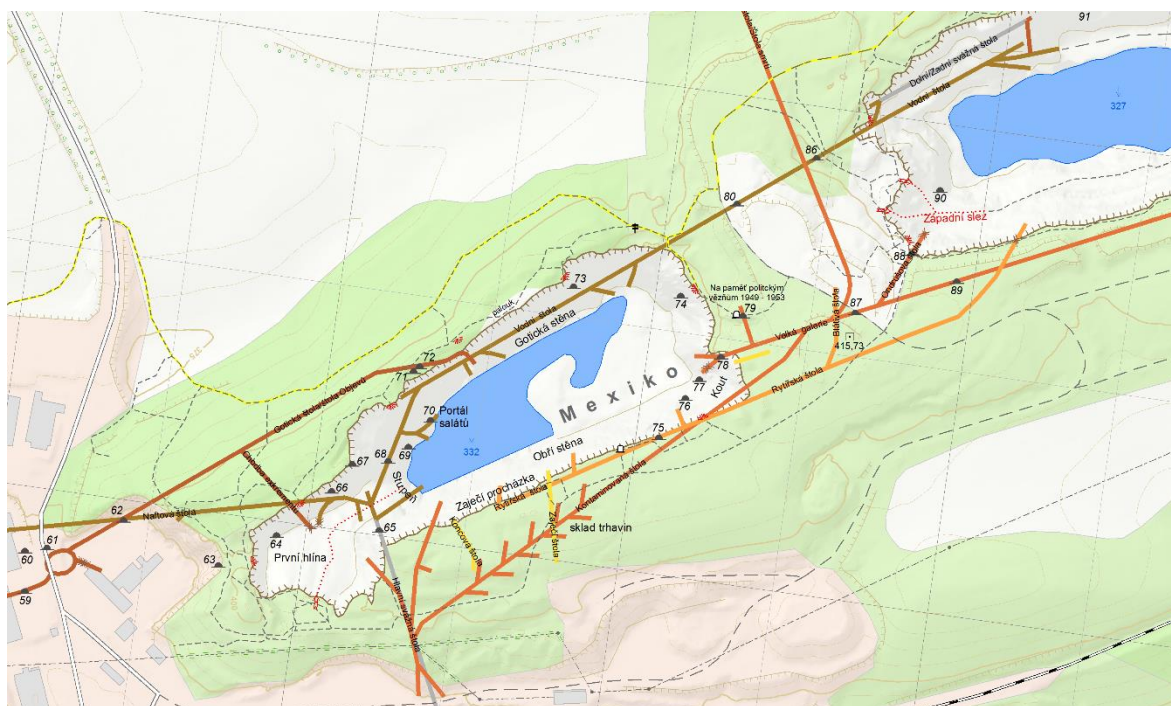
*Příloha 1 – přehled vrstev databáze*

<b>název vrstvy</b>	<b>typ</b>	<b>stručný popis</b>	<b>vznik</b>
vrstevnice_5m	line	vrstevnice po 5 m	vygenerovány funkcí Contour z TIN_1_raster
zaval	polygon	vrstva vektorizovaných závalů	vektORIZACE na základě plánek
vrstevnice_5m_zduraznene	line	zdůrazněné vrstevnice z vrstevnice_5m	linie vybrané z vrstevnice_5m funkcí Select by Attribute
tunel	line	linie přístupového tunelu	převzato z geodetického zaměření
stupen_vektORIZACE	line	linie terénních stupňů	vektORIZOVÁNO na základě vrstvy slope
sestup	line	naznačení cesty sestupu	vektORIZOVÁNO na základě ortofota
projekt	line	připravované projekty	vektORIZOVÁNO na základě plánek
krasove_jevy	point	jeskyně a krasové komíny	vektORIZOVÁNO na základě Soupisu jeskyní (Geospeleos, 1994a)
hladina	point	bodová vrstva s údajem o výšce vodní hladiny	schematické umístění bodu s popisem výšky vodní hladiny vyčtené z geodetického zaměření
budovy_dgn	polygon	vrstva budov	převzato z geodetického zaměření
tematicka_mapa_ZABAGED	dataset	použité vrstvy ZABAGED	převzato ze ZABAGED

*Příloha 2 - vrstvy pro tvorbu tematické mapy*



*Příloha 3 - náhled tematické mapy*



Příloha 4 - výřez tematické mapy (lom Mexiko a část lomu Velká Amerika)

název přílohy	obsah
složka Kutišová_BP.gdb	databáze s daty pro tvorbu 3D modelu a tematické mapy (viz Příloha 1 a Příloha 2)
složka TIN_1	viz Příloha 1
složka TIN_2	viz Příloha 1
složka TIN_3	viz Příloha 1
složka tematická_mapa	projekt .mxd; databáze tematické mapy; tematická mapa ve formátech .png a .pdf
Kutišová_BP	vlastní text práce

Příloha 5 - obsah přiloženého DVD